รายงานการวิจัย

สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดด้วยอัลตร้าซาวด์เสริม และศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิก จากผักพื้นบ้านภาคใต้ของไทย

(Optimization of ultrasound - assisted extraction and antioxidative potential of phenolic compound from indigenous vegetables in the Southern of Thailand)

ผศ.ดร.สุภาษิต ชูกลิ่น

คณะอุตสาหกรรมเกษตร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2559

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณคณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตนครศรีธรรมราช (ทุ่งใหญ่) ที่จัดสรรเงินทุนในการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ พี่ น้อง ภรรยาและลูก ที่มีส่วนช่วยเป็นกำลังใจในการทำวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.ลือพงศ์ แก้วศรีจันทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.น้อมจิตต์ แก้วไทย อันเดร และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุตินุช สุจริตกุล คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้ให้คำแนะนำและตรวจสอบรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัยมาตลอด และนางสาวเกษราภรณ์ สุขสมบูรณ์ ผู้ช่วยวิจัยและเจ้าหน้าที่คณะอุตสาหกรรมเกษตร ตลอดจนทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวมา ณ. ที่นี้ด้วยที่ทำให้งานวิจัยฉบับนี้เสร็จสมบูรณ์ด้วยดี

ผศ.ดร.สุภาษิต ชูกลิ่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้านภาคใต้โดยดำเนินการสกัดฟีนอลิกทั้งหมดด้วยอัลตร้าซาวด์เสริม พบว่า ใบมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 281.98 mg GAE/g DW และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 723.91 mg vitamin C/g DW สูงสุดเปรียบเทียบกับผักพื้นบ้านชนิดอื่นๆ อีก 8 ชนิด (ใบมันปู ขมิ้นข่า สะตอ ลูกนาง ดอกแค ดอกขี้เหล็กและลูกฉิ่ง) สภาวะที่ใช้ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบมะม่วงหิมพานต์ด้วยอัลตร้าซาวด์เสริม คือ ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 40 โดยปริมาตร เวลาสกัด 25 นาที และสัดส่วนของแข็งต่อตัวทำละลาย 1:50 สารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (PV และ TBARS) ในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ได้ดีกว่าชุดควบคุม BHA แต่ด้อยกว่า BHT ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 และ 0.1 ในการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งอุณหภูมิ 60ºC นาน 15 วัน

การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตฟิล์มแป้งมันสำปะหลังด้วยระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่า สารละลายฟิล์ม 15 กรัม เวลาการอบ 36 ชั่วโมง และอุณหภูมิการอบ 50 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงและค่าการยืดเมื่อขาดเท่ากับ 0.62 เมกะปาสคาล และร้อยละ 105.37 ตามลำดับ การเติมสารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พบว่า ปริมาณฟีนอลิกและค่า b* เพิ่มขึ้นส่วนค่า L* และ a* ลดลง การเติมสารสกัดในรูปของแข็งจะให้ค่าความแข็งแรงของฟิล์มเท่ากับ 1.52 และ 2.29 MPa ที่ความเข้มข้นสารสกัดร้อยละ 0.1 และ 1 น้ำหนักต่อปริมาตรของสารสกัด ตามลำดับ และการเติมสารสกัดในรูปของเหลวจะให้ค่าความแข็งแรงของฟิล์มเท่ากับ 1.39 และ 0.72 MPa ที่ความเข้มข้นของสารสกัดร้อยละ 1 และ 5 ปริมาตรต่อปริมาตรของสารสกัด ส่วนค่าการยืดเมื่อขาดของการเติมสารสกัดในรูปของแข็งเท่ากับร้อยละ 86.67 และร้อยละ 41.67 ที่ความเข้มข้นสารสกัดร้อยละ 0.1 และร้อยละ 1 น้ำหนักต่อปริมาตรของสารสกัด ตามลำดับ ส่วนค่าการยืดเมื่อขาดของการเติมสารสกัดในรูปของเหลวเท่ากับร้อยละ 103.33 และร้อยละ 104.17 ที่ความเข้มข้นสารสกัดร้อยละ 1 และร้อยละ 5 ปริมาตรต่อปริมาตรของสารสกัด ตามลำดับ

คำสำคัญ: ผักพื้นบ้านภาคใต้ อัลตร้าซาวด์เสริม สารประกอบฟีนอลิก การต้านอนุมูลอิสระ

Abstract

An investigation evaluated total phenolic compounds and antioxidative activity of indigenous vegetables in Southern of Thailand with ultrasound-assisted extraction. Results showed that the highest total phenolic compounds (281.98 mg GAE/g DW) and antioxidant activity (723.91 mg vitamin C/g DW) was found in cashew leaves extract compare with 8 types of others indigenous vegetables (Mon-pu leaves, Duea ching, Thai copper pod, Turmeric, Agati, Stink bean, Galangal and Nang bean). The condition of extraction via ultrasound assisted extraction were ethanol 40% v/v concentration, 25 minutes extraction time, and 1:50 solid to liquid ratio. The efficacy of cashew leaves extract (0.02 and 0.1%) in stabilizing palm oil tested under accelerated storage (60ºC) for a 15 days period showed that butylate hydroxytoluene > cashew leaves > butylate hydroxyanisole > control in inhibition against lipid oxidation.

To optimize cassava starch based film production by response surface methodology (RSM) experiment design. It was found that condition of 15 g of film solution, 36 h drying time and 50ºC temperature gave the optimal results with tensile strength and elongation at break of 0.62 MPa and 105.37%, respectively. Besides, cashew leaf extract was supplemented into cassava starch film to increase antioxidant potential. Results showed that the highest total phenolic content and antioxidant activity in the cashew leaf extract were 189.39 mg (gallic acid equivalent/g dried weight, GAE/g DW) and 1,093.90 mg vitamin C/g DW, respectively. The phenolic content increased as L* and a* values of film decreased but b* value increased. When cashew leaf extracts was incorporated in antioxidant film in solid and liquid form, it showed that their tensile strength values were 1.52 and 2.29 MPa with 0.1 and 1% w/v of solid extract, respectively and their tensile strength values were 1.39 and 0.72 MPa with 1% and 5% v/v of liquid extract, consecutively. Moreover, it was clearly revealed that elongation at break was 86.67% and 41.67% with 0.1 and 1% w/v of added solid extract, respectively and elongation at break were 103.33% and 104.17% with 1% and 5% v/v of liquid extract.

Keywords: Indigenous vegetables, Ultrasound assisted, Phenolic compound, Antioxidant

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

กิตติกรรมประกาศ ..... (1)
บทคัดย่อ ..... (2)
สารบัญภาพ ..... (5)
สารบัญตาราง ..... (7)
บทนำ 1
ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 3
การตรวจเอกสาร 4
วิธีการดำเนินการวิจัย 27
ผลการวิจัยและวิจารณ์ 30
สรุปผลการวิจัย 41
เอกสารอ้างอิง 42
ภาคผนวก 47
ก. วิธีการวิเคราะห์ 47
ข. การเผยแพร่ผลงานวิจัย 55

สารบาญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	มะม่วงหิมพานต์	5
2	ยอดมันปู	6
3	สะตอ	8
4	ข่า	9
5	มะเดื่อฉิ่ง	10
6	ขี้เหล็ก	11
7	แค	12
8	ขมิ้น	13
9	ลูกนาง	14
10	โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก	16
11	โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก	17
12	การสกัดสารฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้ด้วยเทคนิคอัลตร้าซาวด์เสริม	27
13	ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.02% ต่อน้ำหนัก ต่อ ค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มโอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์, BHA และ BHT	32
14	ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.1% ต่อน้ำหนัก ต่อ ค่า TBARS ของน้ำมันปาล์ม โอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ , BHA และ BHT	32
15	ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.02% ต่อน้ำหนัก ต่อ ค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มโอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ , BHA และ BHT	34
16	ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.1% ต่อน้ำหนัก ต่อ ค่า TBARS ของน้ำมันปาล์มโอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ , BHA และ BHT	34

สารบาญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ฟิล์มต้านออกซิเดชันจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วง..... .... หิมพานต์	35
18	ตัวอย่างสารละลายฟิล์มที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์วิเคราะห์..... .... ปริมาณฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ.....	37
19	Folin-coagulant method	48
20	กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกด้วยวิธี Folin-ciocalteu method	48
21	DPPH radical scavenging activity assay	50
22	กราฟมาตรฐานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH .... ของกรดแอสคอบิก.....	51
23	กราฟมาตรฐานของมาโลนาลดีไฮด์ (malonaldehyde)	54

สารบาญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	คุณค่าทางอาหารของผักส่วนที่กินได้ 100 กรัม	14
2	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านไทย	18
3	ลักษณะปรากฏของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วง ..... หิมพานต์ในรูปแบบสารสกัดของแข็ง (freeze dry) และของเหลว..... (crude extract)	36
4	ปริมาณสารฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ..... ของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์	37
5	ค่า Tensile strength และ % Elongation at break ของฟิล์มจากแป้งมัน..... สำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์.	39
6	ค่าสีและความโปร่งใสของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจาก..... ใบมะม่วงหิมพานต์.....	39

บทนำ

ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ประเทศไทยเป็นประเทศที่มีความหลากหลายทางด้านอาหารประเทศหนึ่งโดยเฉพาะความหลากหลายของแหล่งวัตถุดิบที่นำมาปรุงเป็นอาหารที่มีอยู่เป็นจำนวนมาก ผักพื้นบ้าน (indigenous vegetables) ก็เป็นแหล่งวัตถุดิบสำคัญอีกแหล่งหนึ่งที่คนไทยนิยมนำมาประกอบอาหารหรือรับประทานเป็นผักสด เนื่องจากเป็นสิ่งที่หาได้ง่าย ราคาถูกและอุดมไปด้วยคุณประโยชน์ ที่จะช่วยให้ร่างกายมีความแข็งแรงปราศจากโรคภัยไข้เจ็บ (พูลทรัพย์และรัชนี, 2552) สารอาหารที่ได้รับความสนใจมากเป็นพิเศษประเภทหนึ่งที่ผู้บริโภคซึ่งเลือกบริโภคผักพื้นบ้านประสงค์จะได้รับคือ สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินอีหรือเบต้าแคโรทีน เป็นต้น (Chanwitheesuk *et al*., 2005) สารประกอบฟีนอลิกก็เป็นหนึ่งในสารต้านอนุมูลอิสระที่มีอยู่ในผักพื้นบ้าน โดยสารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่มีความสามารถในการขัดขวางการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันอยู่แล้วว่าหากเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันขึ้นในเนื้อเยื่อใดๆ ของร่างกาย จะก่อให้เกิดอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเป็นต้นเหตุให้เกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ (chain reaction) ต่างๆ ในทางที่เป็นผลเสียต่อร่างกายและอาจเป็นสาเหตุให้เซลล์ร่างกายชำรุดเสียหายจนอาจถึงขั้นทำให้เซลล์ตายได้ ปัจจุบันมีการรายงานถึงคุณสมบัติอื่นๆ ของสารต้านอนุมูลอิสระว่าอาจมีส่วนในการต่อต้านการเกิดการอักเสบ (anti-inflammation) ต้านแบคทีเรีย (anti-bacteria) ต้านการกลายพันธุ์ (anti-mutagen) และต้านการก่อมะเร็ง (anti-carcinogen) ได้ (Kongkachuichai *et al*., 2015)

ผักพื้นบ้านภาคใต้ เช่น ยอดใบมะม่วงหิมพานต์ (*Anacardium occidentale* Linn.) ดอกขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Lamk.) ยอดสะตอ (*Parkia speciosa* Hassk.) ดอกแคบ้าน (*Sesbania grandiflora* Desv.) ลูกเนียงนก (*Archidendron bubalium* Nielsen) ขมิ้นชัน (*Curcuma domestica* Valeton) ลูกฉิ่ง (*Ficus fistulosa* Reinw.) มีศักยภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระในระดับสูงมาก โดยมีสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเกิน 100 มิลลิกรัม ของสาร BHA เปรียบเทียบต่อน้ำหนักสด 100 กรัม (เกศศิณี และจันทร์เพ็ญ, 2543) ส่วนยอดมันปูและลูกเนียงมีค่า Trolox Equivalent Antioxidant Concentration (TEAC) ในการกำจัดอนุมูลอิสระซุปเปอร์ออกไซด์สูงมากกว่า 450 mM ต่อน้ำหนักในส่วนที่รับประทานได้ (edible parts) 1 กรัม และผลข่าลิง มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงเฉลี่ยเท่ากับ 571.88 mg gallic equivalent/100 g (พูลทรัพย์และรัชนี, 2552)

การออกซิเดชันของไขมันเป็นสาเหตุหลักของการเสื่อมเสียทางเคมีของอาหาร ปัจจุบันมีการใช้สารต้านออกซิเดชันที่สกัดจากธรรมชาติแทนสารสังเคราะห์ เนื่องจากมีรายงานความเป็นพิษของสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์บางชนิดในสัตว์ทดลอง ซึ่งพบว่าทำให้เซลล์ทำงานผิดปกติ และกลายเป็นมะเร็งเมื่อได้รับสารสังเคราะห์อย่างต่อเนื่องในปริมาณที่มากเกินไป (Madhavi and Salunkhe, 1997) โดยสารสังเคราะห์ที่นิยมใช้เป็นสารเติมแต่งในอุตสาหกรรมอาหาร เช่น butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxtoluene (BHT) และ propyl gallate (PG) เป็นต้น ปัจจุบันมีการจำกัดปริมาณการใช้สาร

สังเคราะห์ดังกล่าวและในบางประเทศนิยมใช้สารสกัดจากผลิตภัณฑ์ธรรมชาติแทนสารสังเคราะห์กันมากขึ้น

การเสื่อมเสียของอาหารที่มีไขมันสูงจากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันอาจป้องกันได้โดยการใช้บรรจุภัณฑ์เชิงรุก (active packaging) โดยบรรจุภัณฑ์เชิงรุกเป็นบรรจุภัณฑ์ซึ่งจะเปลี่ยนสภาวะในการบรรจุให้ผลิตภัณฑ์อาหารสามารถเก็บรักษาได้นาน รวมทั้งปรับปรุงคุณสมบัติทางการยอมรับหรือยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ที่ก่อโรคได้ (Ahvenainen, 2003) บรรจุภัณฑ์ต้านออกซิเดชัน (antioxidant packaging) เป็นประเภทหนึ่งของบรรจุภัณฑ์เชิงรุกที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารจากการเน่าเสีย การเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น รสและการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของอาหารซึ่งมีสาเหตุมาจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน (Anklam *et al*., 1997; Morales-Aizpurua and Tenuta-Filho, 2005) การป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในผลิตภัณฑ์อาหารอาจจะใช้สารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์หรือธรรมชาติเติมลงไปในโครงสร้างของฟิล์มบรรจุภัณฑ์จะได้เป็นฟิล์มต้านออกซิเดชัน (antioxidant film) (Botterweck *et al*., 2000; Chen *et al*., 1992; Hamilton *et al*., 1997) เนื่องจากสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์มีความเป็นพิษและมีโอกาศที่จะก่อให้เกิดโรคแก่ผู้บริโภคสูง (Botterweck *et al*., 2000; Chen *et al*., 1992) จึงทำให้ผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับสารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติกันมากขึ้น (Hamilton *et al*., 1997)

จากรายงานวิจัยที่ผ่านมามีเทคนิคการสกัดสารต้านอนุมูลอิสระอยู่หลายวิธี เช่น การสกัดด้วยตัวทำละลาย (solvent extraction) (Chotimarkon *et al*., 2008) การสกัดด้วยของไหลเหนือจุดวิกฤต (supercritical fluid extraction) (Shen *et al*., 1997) และการสกัดด้วยไมโครเวฟ (microwave extraction) (Zigoneanu *et al*., 2008) ข้อเสียของการใช้ตัวทำละลายในการสกัดแบบดั้งเดิม คือ ใช้ระยะเวลาการสกัดมาก และสิ้นเปลืองตัวทำละลาย ส่วนข้อเสียของการสกัดด้วยของไหลเหนือจุดวิกฤต คือ ราคาของเครื่องมือสูงและน้ำเข้าไปในตัวอย่าง (Camel, 2000) จากการพัฒนาแนวคิด “เคมีสีเขียว” ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาด้วยเทคนิคที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมได้เข้ามีบทบาทเป็นอย่างมาก การสกัดสารชีวภาพด้วยรังสีอัลตราซาวด์ (ultrasound irradiation) ช่วงความถี่ 20 – 100 KHZ เป็นเทคนิคการสกัดหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ ซึ่งข้อดี คือ ระยะเวลาการสกัดสั้น ง่ายในการดำเนินการ ลดการใช้ตัวทำละลาย สามารถทำได้ที่อุณหภูมิต่ำ และไม่สิ้นเปลืองพลังงาน (Chemat *et al*., 2008) โดยอัลตราซาวด์เป็นผลทางกลที่ทำให้การแพร่ของตัวทำละลายเข้าไปในตัวอย่างทำให้เพิ่มพื้นที่ในการสัมผัสระหว่างเฟสของแข็งและเฟสของเหลวเป็นผลให้ตัวถูกละลายถ่ายโอนจากเฟสของแข็งไปยังตัวทำละลายได้เร็วขึ้น (Rostagno *et al*., 2003) นอกจากนี้การสกัดด้วยอัลตราซาวด์จะไม่มีสารเคมีเข้ามาเกี่ยวข้องในการสกัดซึ่งสามารถป้องกันการสูญเสียของสารที่ต้องการสกัดได้ (Wang and Weller, 2006) อย่างไรก็ตามในความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ของกระบวนการทางอุตสาหกรรมยังต้องการการสกัดที่มี

ประสิทธิภาพสูง ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการสกัด ได้แก่ วิธีการสกัด ชนิดตัวทำละลาย ความเข้มข้นตัวทำละลาย อุณหภูมิการสกัด และเวลาการสกัด (Silva *et al*., 2007)

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้ของไทย ด้วยเทคนิคการใช้คลื่นอัลตราซาวด์ช่วยในการสกัดและพิจารณาคุณสมบัติของสารประกอบฟีนอลิกในการเป็นสารต้านออกซิเดชันในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์และการเติมลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังสำหรับใช้เป็นบรรจุภัณฑ์เชิงรุกต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากผักพื้นบ้านภาคใต้ในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดจากผักพื้นบ้านภาคใต้ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเชิงรุก

ตรวจเอกสาร

1. ผักพื้นบ้านภาคใต้

จากลักษณะภูมิประเทศแถบศูนย์สูตรที่มีแนวเทือกเขาทอดตัวอยู่ทั่วไปเกือบตลอดทั้งภาคและมีทะเลขนาบอยู่ทั้งด้านตะวันออกและตะวันตก ทำให้ภาคใต้ของไทยมีภูมิอากาศแบบร้อนชื้นแถบมรสุม คือ มีฝนตกชุกสลับกับฤดูแล้งสั้นๆ ก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพของพืชพันธุ์ต่างๆ ภาคใต้จึงมีพืชผักหลากหลายชนิดให้สรรหามาบริโภค ซึ่งล้วนแล้วแต่มีคุณค่าทางอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายและยังสามารถป้องกันโรคภัยไข้เจ็บหากรู้จักสรรพคุณทางยาของพืชผักเหล่านั้น ผักพื้นบ้านภาคใต้ที่เป็นที่นิยมนำมาบริโภคมีด้วยกันหลากหลายชนิด โดยจะขอยกตัวอย่างให้เห็นดังต่อไปนี้

1.1 มะม่วงหิมพานต์ (Cashew)

มะม่วงหิมพานต์มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Anacardium occidentale* Linn. เป็นไม้พื้นเมืองของประเทศบราซิล ได้นำมาปลูกขยายพันธุ์ในอเมริกาใต้ตอนเหนือ อเมริกากลาง แอฟริกาใต้ และพ่อค้าชาวโปรตุเกสได้นำมาปลูกในประเทศอินเดียแถบเอเชียราวคริสต์ศตวรรษที่ 16 สำหรับประเทศไทย เชื่อกันว่าได้นำมาปลูกในปี พ.ศ. 2443 – 2444 โดย พระยารัษฎานุประดิษฐ์มหิศรภักดี (คอซิมบี้ ณ ระนอง) ในขณะที่ท่านเป็นเจ้าเมืองตรัง โดยนำเมล็ดจากประเทศมาเลเซียมาทดลองปลูกที่จังหวัดตรัง จากนั้นมะม่วงหิมพานต์ได้เจริญงอกงามไปทั่วภาคใต้ จนบัดนี้ได้ขยายพันธุ์ไปยังภาคตะวันออกและภาคอีสาน มะม่วงหิมพานต์เป็นพืชเศรษฐกิจของไทยและเป็นพืชเอนกประสงค์ ทุกส่วนของมะม่วงหิมพานต์ คือ ราก ลำต้น เปลือก ใบ ผล เนื้อในเมล็ดและเยื่อหุ้มในเมล็ด ใช้เป็นประโยชน์ด้านอาหาร ยารักษาโรค ยาฆ่าแมลงและมีคุณสมบัติทางอุตสาหกรรมนานาชนิด เช่น อุตสาหกรรมอาหารและขนม เป็นต้น นอกจากนั้นทรงพุ่มที่แผ่กว้างของมะม่วงหิมพานต์ ยังให้ความชุ่มชื้นกับพื้นดินลูกรัง ดินทรายชายทะเล ดินฝาด ดินเค็มและที่รกร้างทั่วไป (มาโนช และเพ็ญนภา, 2540) มะม่วงหิมพานต์มีชื่อเรียกอื่น ๆ เช่น กาหยู (ระนอง) ยาร่วง ม่วงชูหน่วย ม่วงเม็ดล่อ ยะโห้ย ยาหยี (ภาคใต้) ตำหยาว มะม่วงสิงหพี มะม่วงกุลา มะม่วงหวอด (ทั่วไป)

มะม่วงหิมพานต์เป็นต้นไม้ตระกูลเดียวกับมะม่วง จำแนกตามสีของผลมี 2 พันธุ์ คือ ผลสุกสีเหลืองจัดและผลสุกสีแดงคล้ำ มะม่วงหิมพานต์เป็นไม้ยืนต้นไม่ผลัดใบ สูง 6-12 เมตร มีกิ่งก้านเป็นพุ่มแผ่โดยรอบ เนื้อไม้เป็นไม้เนื้ออ่อน มียางเหลืองและเหนียวใส เปลือกต้นสีน้ำตาล ใบเป็นใบเดี่ยว สีเขียวเข้มหนา ออกใบแบบสลับ ใบรูปร่างรูปไข่กลับ ปลายใบมนป้านและฐานใบแหลม กว้าง 6-11 เซนติเมตร ยาว 7.5-19 เซนติเมตร ดอกออกเป็นช่อตามปลายกิ่ง มีกลิ่นอ่อนๆ กลีบดอกมี 5 กลีบ สีขาว ยาวครึ่งนิ้ว ดอกมีเกสรตัวเมีย และเกสรตัวผู้ในดอกเดียวกัน เมื่อดอกบานจะกลายเป็นสีชมพู ส่วนของฐานรองดอกจะค่อยๆ เจริญกลายเป็นผล โดยจะขยายใหญ่พองโตคล้ายกับผลชมพู่ เรียกกันว่า ผลปลอม เมื่อสุกกลายเป็นสีเหลืองหรือสีแดงคล้ำ มีรสเปรี้ยวอมหวาน นิ่มและมีกลิ่นหอม ผลปลอมชาวบ้านทั่วไปเรียกว่า เต้า (cashew apple)

ส่วนปลายสุดของผลปลอมเป็นส่วนของดอกที่ได้รับการผสมเกสรแล้วเจริญเป็นผลจริง ชาวบ้านเรียกว่า เมล็ด หรือ ลูกใน หรือหัวใน (nut) รูปร่างคล้ายไต ระยะแรกสีม่วงแล้วกลายเป็นสีเขียวอ่อนนุ่ม เมื่อโตเต็มที่ลดขนาดลงเล็กน้อย แก่จัดจะแข็งเปลี่ยนเป็นสีเทา ส่วนนี้เป็นเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ที่เป็นสินค้าออกสำคัญของภาคใต้ (มาโนช และเพ็ญนภา, 2540) การใช้ประโยชน์ทางอาหารเช่น ใบอ่อน ยอดอ่อน มีรสฝาดเล็กน้อยใช้เป็นผักสดจิ้มน้ำพริก หรือเป็นผักสำหรับอาหารรสจัด ผลสุกใช้แกงเหลือง แกงไตปลา นำมากินสด ลูกอ่อน แกงเลียง ผัด เมล็ดอ่อนใช้แกงไตปลา เมล็ดสุกใช้ผัด ยำ การใช้ประโยชน์ทางยาสามารถนำเมล็ดมารับประทานแก้กลากเกลื้อนและทำให้เนื้อชาในโรคเรื้อน ยางมีพิษกัดทำลายเนื้อที่เป็นตุ่มไต เช่น ตาปลา หูด โรคเท้าแตกและแก้เลือดออกตามไรฟัน น้ำมันในเมล็ดรักษากลากเกลื้อนหรือโรคผิวหนัง ข้อควรระวังของมะม่วงหิมพานต์คือ ยางมีพิษกัดรุนแรง

ยอดมะม่วงหิมพานต์เป็นผักที่ให้พลังงานสูง รวมถึงโปรตีนจากผัก เมื่อกินสด ๆ ยังให้วิตามินซีที่จะช่วยป้องกันเลือดออกตามไรฟัน ช่วยสร้างเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน (collagen) ที่ทำให้กล้ามเนื้อและกระดูกแข็งแรง ช่วยให้ร่างกายดูดซึมธาตุเหล็กจากร่างกายไปใช้ได้เต็มที่ มีวิตามินซีช่วยป้องกันมะเร็งกระเพาะอาหารและลำไส้เพราะวิตามินจะยับยั้งไม่ให้สารไนไตร์ท (nitrite) ที่มีผสมอยู่ในอาหารเนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก กุนเชียง และอาหารประเภทอื่น ๆ อีกหลายชนิดเปลี่ยนเป็นสารก่อมะเร็งคือสารไนโตรซามีน (nitrosamine) เมื่อตกถึงกระเพาะอาหาร นอกจากนี้ใบมะม่วงหิมพานต์ยังให้เบต้า-แคโรทีน วิตามินซีและเกลือแร่ เช่นเดียวกับผักใบเขียวเข้มอื่น ๆ (คณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผัก ในโครงการหนูรักผักสีเขียว, 2540)

ภาพที่ 1 มะม่วงหิมพานต์

ที่มา: http://www.kasetorganic.com/การปลูกมะม่วงหิมพานต์.html

1.2 มันปู

มันปูมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Glochidion wallichianum* Muell. มีชื่อพื้นเมืองเช่น ชุมเส็ด พุงหมู (ชุมพร) มันปู มันปูใหญ่ (นครศรีธรรมราช) มันปู (ตรัง) นกนอนทะเล (นราธิวาส) ยอดเทะ (ยอดกะทิ) เป็นไม้พุ่มขนาดใหญ่ สูงเต็มที่ประมาณ 15-20 เมตร ปลายกิ่งห้อยลง ใบเป็นใบเดี่ยว ออกเรียงสลับ 2 ข้างของกิ่ง แผ่นใบเป็นรูปรีถึงรูปไข่กลับ ผิวใบเกลี้ยงทั้ง 2 ด้านปลายใบแหลม โคนใบสอบมีเส้นแขนงใบ 5-7 คู่ ใบเขียวสด ยอดอ่อนมีสีแดง ออกดอกเป็นกลุ่ม มีขนาดเล็กมาก สีเขียวอ่อน หรือเหลืองนวล เป็นช่อกระจุกตาม

ซอกใบ มีกลีบเลี้ยง 6 กลีบ ไม่มีกลีบดอก ดอกแยกเพศอยู่ในต้นเดียวกัน ออกดอกตั้งแต่เดือนมีนาคมถึงตุลาคม เมื่อแก่มีสีชมพูถึงสีแดง ผลกลมแป้น แบ่งเป็นพู 10-12 พู จะแตกอ้าเมื่อแห้ง การขยายพันธุ์ทำได้โดยการเพาะเมล็ด การตอนกิ่งและการแยกหน่ออ่อนจากต้นแม่ ฤดูกาลเก็บส่วนขยายพันธุ์คือฤดูฝน สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตคือพื้นที่เป็นน้ำกร่อย บริเวณป่าพรุน้ำกร่อย แต่สามารถขึ้นได้ดีตามป่าโปร่ง ป่าดิบที่ราบเชิงเขา ที่ราบริมทุ่งนา โดยเหมาะจะปลูกเป็นกลุ่มๆ ละ 4-5 ต้น การใช้ประโยชน์ทางอาหารนิยมนำใบอ่อนมาใช้กินเป็นผักสดกับขนมจีน แกงเผ็ด น้ำพริก รสมันอมหวาน ชาวใต้กล่าวว่ายอดมันปูที่มีสีแดงจะมีรสฝาด แต่ยอดมันปูที่มีสีขาวจะมีรสมันอร่อยกว่า การใช้ประโยชน์ทางยา สามารถนำรากและลำต้นใช้ต้มดื่มแก้ร้อนใน เป็นยาบำรุง

ภาพที่ 2 ยอดมันปู
ที่มา: http://www.kasetorganic.com/ต้นมันปู-ผักพื้นบ้านไทย.html

1.3 สะตอ

สะตอมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Parkia speciosa* Hassk. เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Mimosaceae มีชื่อท้องถิ่น เช่น กะตอ สะตอ (ใต้และกลาง) ปะตา ปัตเต๊าะ (ยะลา ปัตตานี) ปาไต (สตูล) สะตอเป็นไม้ยืนต้นสูงกว่า 30 เมตร ลำต้นตั้งตรงและออกกิ่งก้านสาขาอยู่บริเวณส่วนบนของลำต้น บริเวณกิ่งก้านอ่อนมีขนปกคลุม ใบเป็นใบประกอบก้านใบรวมยาว 18-30 เซนติเมตร ใบแขนงแตกเป็น 14-18 คู่ และแตกเป็นใบย่อย 31-38 คู่ ใบย่อยมีขนาดเล็กกว้าง 1.5-2.2 เซนติเมตรและยาว 6-9 เซนติเมตร ออกดอกเป็นช่อรวมกันเป็นกระจุกคล้ายดอกกระถิน มีเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอัดแน่นรวมกันอยู่เป็นช่อกลม ดอกจะออกช่วงฤดูร้อน เมื่อเจริญเป็นฝักอ่อน ฝักจะเป็นช่อห้อยลงมา กิ่งหนึ่งมี 10 ฝัก หรือมากกว่านั้น ฝักยาว 36-45 เซนติเมตร กว้าง 3-5 เซนติเมตร ฝักบิดเป็นคลื่นเล็กน้อย ฝักอ่อนสีเขียว แก่จะเปลี่ยนเป็นสีดำ เมล็ดรูปกลมรี แบนเรียงตามความยาวของฝัก เมล็ดมีขนาดกว้าง 1.5-2 เซนติเมตร ยาว 2-2.5 เซนติเมตร การขยายพันธุ์ทำได้โดยการเพาะเมล็ด การใช้กิ่งชำ และการติดตา โดยมีฤดูการเก็บส่วนขยายพันธุ์ในช่วงเดือนกรกฎาคม- สิงหาคม และมีฤดูการ

เก็บเกี่ยวผลผลิตในช่วงเดือน มิถุนายน- กรกฎาคม สะตอสามารถพบได้ทั่วไปในภาคใต้และภาคตะวันออก ชอบเจริญตามเชิงเขาที่มีสภาพป่าสมบูรณ์มีความชื้นในอากาศสูง สามารถเจริญเติบโตร่วมกับพืชอื่นได้ดี

สะตอมีแร่ธาตุและวิตามินมากมายอุดมไปด้วยโปรตีนพืช กล่าวกันว่าสะตอเพียง 10 เมล็ด ก็ให้พลังงานเท่ากับขนมปัง 1 แผ่นทีเดียว จากข้อมูลของกองโภชนาการ กรมอนามัย รายงานไว้ว่า สะตอ 100 กรัม จะให้พลังงานถึง 130 กิโลแคลอรี แคลเซียมสูงถึง 76 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 83 มิลลิกรัม และเส้นใย 0.5 กรัม เมล็ดสะตอจะฝังตัวอยู่ในเนื้อในฝัก ที่หุ้มด้วยเยื่อเรียบเหนียว ตัวเมล็ดเองมีขนาดย่อมเท่ากับหัวแม่มือ เนื้อนุ่มกรอบ รับประทานได้ทั้งสดๆ หรือจะเผาทั้งฝักเพื่อลดกลิ่นให้จางลงบ้างเพื่อรับประทานกับน้ำพริก หรือเอาเมล็ดสดใส่ในแกงไตปลา หรือผัดกับกุ้ง หมู ยอดสะตอก็เป็นที่นิยมบริโภคของประชาชนไทยในภาคใต้ เมล็ดสะตอที่มีรสมัน กลิ่นฉุน ชาวภาคใต้เชื่อว่าช่วยลดน้ำตาลในเลือดได้จึงเหมาะสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน นอกจากนี้การรับประทานสะตอยังช่วยขับปัสสาวะได้อีกด้วย

ยอดอ่อนของสะตอนำมารับประทานเป็นผักสด แกล้มกับน้ำพริกและแกงรสจัดของชาวใต้ ส่วนเมล็ดนั้น นิยมนำมาประกอบเป็นอาหารด้วยกันถึง 4 วิธี คือ

(1) รับประทานเป็นผักสด เมล็ดสะตอสดรับประทานเป็นผักสดเรียกว่า “ ผักเหนาะ ” แกล้มกับอาหารรสเผ็ด เช่น น้ำพริก แกงเผ็ด ไตปลา เป็นต้น

(2) รับประทานเป็นผักโดยเผาหรือต้มให้สุกก่อน แล้วนำไปรับประทานเป็น “ ผักเหนาะ ” เช่นกัน

(3) นำเมล็ดสะตอมาแปรรูปเป็นสะตอดองและนำมารับประทานเป็น “ ผักเหนาะ ” สะตอดองเป็นวิธีการที่ชาวใต้เก็บถนอมอาหารไว้รับประทาน หลังพ้นช่วงของฤดูกาลที่สะตอออกฝักไปแล้ว วิธีการดองก็อาจจะดองทั้งฝัก หรือแกะเฉพาะเมล็ดมาดองก็ได้ การดองทำได้โดยเอาสะตอมาลวกหรือต้มให้สุกก่อน จากนั้นจึงต้มน้ำเกลือผสมน้ำตาลทรายเล็กน้อย ทิ้งให้เย็นและใส่สะตอแช่ทิ้งไว้ 3-5 วัน สะตอจะมีรสเปรี้ยวนำมารับประทานได้ บางคนอาจใช้น้ำซาวข้าว บางคนใช้ส้มแขก หรือบางคนก็ใช้เปลือกชะมวง เพื่อช่วยทำให้สะตอดองเปรี้ยวเร็วขึ้น

(4) นำเมล็ดสะตอมาปรุงอาหาร ที่นิยมกันมากก็มี ผัดเผ็ด ผัดเปรี้ยวหวาน แกงกะทิ หรือผัดสะตอใส่กะปิ เป็นต้น

การปลูกสะตอ แต่เดิมเรามักพบต้นสะตอในป่าดงดิบแถบภาคใต้ของประเทศไทยแต่ปัจจุบันนี้มีผู้นำมาปลูกไว้ใกล้บ้านกันมากขึ้น ทั้งที่ภาคใต้ ภาคตะวันออกแถบจันทบุรี ระยอง ตราด สะตอเป็นพืชที่ชอบความชื้นสูง น้ำไม่ขังดินอุดมสมบูรณ์ การขยายพันธุ์เช่นเดียวกับไม้ยืนต้นทั่วไปคือ ทั้งเมล็ด การปักชำ กิ่งและการติดตา เป็นต้น

ภาพที่ 3 สะตอ

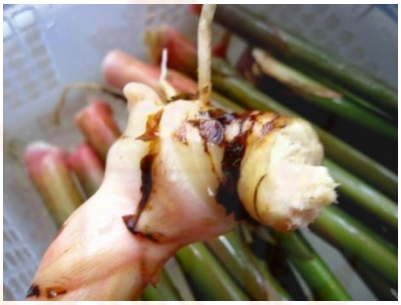
ที่มา : https://th.wikipedia.org/wiki/สะตอ

1.4 ข่า (Galangal)

ข่ามีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Alpinia galangal* Sw. เป็นพืชอยู่ในวงศ์ Zingiberaceae มีชื่อท้องถิ่น เช่น ข่าหยวก ข่าหลวง (เหนือ) เสะเออเคย สะเอเชย (กะเหรี่ยง – แม่ฮ่องสอน) ข่าเป็นพืชพื้นเมืองของเอเชียเขตร้อน ในแถบอินเดีย ฟิลิปปินส์ และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ นิยมปลูกในบ้านหรือใกล้บ้านทุกหลังคาเรือน เป็นพืชสวนครัว เป็นไม้ล้มลุกที่มีอายุยืนนานหลายปี ลำต้นลงหัวอยู่ใต้ดิน ลักษณะภายนอกของลำต้นมีข้อปล้องเห็นชัดเจนและอยู่ใต้ดิน ส่วนที่อยู่เหนือดินจะเป็นก้านและใบ สูงประมาณ 1-2 เมตร ใบรูปร่างเป็นรูปไข่ยาวหรือรูปรีขอบขนานคล้ายใบพาย ใบสีเขียวเข้มเป็นมัน ออกเป็นแบบสลับ มีกาบใบหุ้มลำต้น ใบกว้าง 5-11 เซนติเมตร กว้าง 20 – 40 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ดอกออกที่ยอด ดอกเป็นดอกช่อ ก้านดอกยาว ดอกย่อยมีขนาดเล็ก สีชมพูหรือสีขาวอมม่วงแดง ผลรูปร่างรีเมื่อแก่เป็นสีดำ ขนาดประมาณ 1 เซนติเมตร มีเมล็ดอยู่ภายในอีกชั้นหนึ่ง

เหง้าข่ามีน้ำมันหอมระเหยต่างๆ มาก เช่น ซินิออล (cineol) ยูจีนอล (eugenol) เคมเฟอรอล (kaempferol) การบูร (camphur) และซินนามิคอัลดีไฮด์ (cinnamic aldehyde) น้ำมันหอมระเหยเหล่านี้จะช่วยขับลมแก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ แน่นจุกเสียด ขับเสมหะ หลอดลมอักเสบ ลดอาการเกร็งของกล้ามเนื้อเรียบ ต้านวัณโรค ข่าอ่อนรับประทานได้ง่ายและอร่อยกว่าข่าแก่ แต่ก็มีจำนวนน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่าด้วย เหง้าอ่อนมีรสเผ็ด สรรพคุณขับลมในลำไส้ เหง้าอ่อนจำนวน 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 20 กิโลแคลอรี มีเส้นใย 1.1 กรัม ให้แคลเซียม 5 มิลลิกรัม ให้ฟอสฟอรัส 27 มิลลิกรัม มีเบต้า-แคโรทีน 18 ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล เหง้าข่าสดทั้งอ่อนและแก่ใช้ปรุงอาหารได้หลายอย่าง กลิ่นของข่าเองช่วยดับกลิ่นคาวจากเนื้อสัตว์และปลา จึงนิยมใช้ปรุงอาหารจำพวก ต้มข่าไก่ แกงเขียวหวาน แกงเผ็ด แกงฮังเล แกงเทโพ แกงมัสมัน แกงไตปลา เมื่อใส่ข่าลงไปกลิ่นคาวของเนื้อสัตว์จะลดลงหรือหายไป และทำให้แกงมีกลิ่นหอมชวนรับประทาน ได้รับประโยชน์จากคุณค่าทางสมุนไพรจากข่าอีกด้วย ดอกข่า ข่าอ่อน หรือต้นอ่อน

ของข่าใช้เป็นผักจิ้ม รับประทานกับน้ำพริกรสเผ็ดจัดทำให้อาหารมีรสชาติเพิ่มขึ้น แถมยังมีกลิ่นหอมอ่อนๆ จากข่าสร้างบรรยากาศเพิ่มขึ้น ต้มยำไม่ว่าจะเป็นต้มยำกุ้งอันโด่งดัง หรือต้มยำอื่นๆ ล้วนมีข่าเป็นเครื่องปรุงรสแทบทั้งสิ้น เหง้าแก่มีรสเผ็ดปร่าและร้อนช่วยขับลม แก้ฟกบวม แก้พิษขับโลหิตร้ายในมดลูก ขับลมในลำไส้ รักษาโรคกลาก เกลื้อน เราปลูกข่าไว้ใช้ได้เอง เป็นสวนครัวหลังบ้าน หรือใส่กระบะ กระถาง ตั้งไว้ในมุมที่ได้แสงแดดจัดๆ โดยใช้เหง้าแก่หรือส่วนที่เหลือจากการทำอาหารหั่นเป็นท่อนมีรากติดมาด้วยก็ยิ่งดี ฝังท่อนข่าลงไปในหลุมที่ขุดจะเป็นดินร่วนหรือดินปนทรายก็ได้ รดน้ำให้ชุ่ม ระยะแรกอาจรดตอนเช้าและเย็น แต่เมื่อข่าติด สังเกตมีใบอ่อนแทงยอดขึ้นมา รดน้ำให้ห่างออกไปคือ 2-3 วันรดทีหนึ่งก็ได้ เมื่อระบบรากของข่าขยายตัวและทำงานได้เต็มที่ ข่าก็จะเริ่มออกดอก ดอกข่าสีขาว มีสีชมพูและสีขาวอมม่วงแดงแซม ดูสวยงาม จัดวางข่าเป็นไม้ประดับสวนได้ดีอีกด้วย



ภาพที่ 4 ข่า

ที่มา : http://puechkaset.com/ข่า/

1.5 มะเดื่อฉิ่ง (Fig)

มะเดื่อฉิ่งชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Ficus fistulosa* Reinw. มีชื่อเรียกอื่นๆ เช่น ชิ่งขาว (นครศรีธรรมราช) เดื่อนอด (ภาคเหนือ) มะเดื่อข้าว ลูกฉิ่ง เป็นต้น มะเดื่อฉิ่งเป็นไม้ยืนต้นขนาดกลาง สูง 10- 15 เมตร เปลือกลำต้นเรียบ สีน้ำตาลอมเขียว ใบเป็นใบเดี่ยวขนาดใหญ่ กว้าง 10-13 เซนติเมตร ก้านใบสั้นสีน้ำตาล ปลายใบมนมีติ่งแหลม โคนใบสอบแหลม ออกดอกเป็นพวง ผลเป็นผลกลุ่มมีก้าน ผลยาวรวมกันที่โคนกิ่ง ออกผลตามกิ่งก้านของต้น ขยายพันธุ์โดยใช้เมล็ด พบตามป่าโปร่ง ดิบชื้น ริมคลอง การใช้ประโยชน์ทางอาหารนิยมนำผลอ่อนซึ่งมีรสฝาดมารับประทานเป็นผักสดกินกับน้ำพริกหรือขนมจีน การใช้ประโยชน์ทางยาสามารถนำเปลือกลำต้นและรากมาใช้ประโยชน์ได้ โดยสามารถแก้ท้องเสียแก้ประดงและผดผื่นคันตามผิวหนัง

ภาพที่ 5 มะเดื่อฉิ่ง

ที่มา : http://www.bansuanporpeang.com/node/17320

1.6 ขี้เหล็ก

ขี้เหล็กมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Cassia siamea* Britt. หรือ *Cassia siamea* Lamk. มีชื่อพื้นเมืองว่า ขี้เหล็กบ้าน ขี้เหล็กหลวง (เหนือ) ขี้เหล็กเผือก (เชียงใหม่) ขี้เหล็กใหญ่ (ภาคกลาง) ยะหา (ปัตตานี) มีถิ่นกำเนิดแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ขี้เหล็กเป็นพรรณไม้ที่พบทั่วไปในประเทศศรีลังกา มาเลเซียและประเทศไทย ขี้เหล็กเป็นไม้พื้นเมืองพบขึ้นในป่าเบญจพรรณชื้นและป่าโปร่งชุ่มชื้นทั่วประเทศ แต่เดิมมีมากที่จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ สุราษฎร์ธานี และชุมพร เป็นไม้ตระกูลถั่วที่สามารถใช้เป็นไม้ปรับปรุงพื้นดินให้ดีขึ้นได้ เนื้อไม้แข็ง สีน้ำตาลเข้มและอาจมีลายสีขาวแซม ใช้ก่อสร้างบ้านเรือน เช่น เสารอด เป็นต้น และใช้ทำเครื่องเรือน ด้ามเครื่องมือได้ดี ชาวไทยสมัยก่อนนิยมใช้ใบขี้เหล็กมาบ่มมะม่วง เพื่อเร่งให้มะม่วงสุกเร็วขึ้น (มาโนช และเพ็ญนภา, 2540) ขี้เหล็กเป็นพืชตระกูลถั่ว เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ สูงประมาณ 8-15 เมตร เรือนยอดเป็นพุ่มแคบทึบสีเขียวเข้ม เปลือกต้นสีเทาปนน้ำตาล มีรอยแตกตามยาวของลำต้นเป็นร่องตื้น ใบเป็นใบประกอบยาว 20 เซนติเมตร มีใบย่อย 7-16 คู่ รูปร่างใบเป็นขอบขนาน ปลายมนเรียบไม่มีขน ใบอ่อนมีสีน้ำตาลอมเขียว ดอกสีเหลือง ออกเป็นช่อใหญ่ ตามปลายกิ่ง ช่อหนึ่งมีมากกว่า 10 ดอก กลีบดอกและกลีบรองขนาดเท่ากัน ร่วงง่าย เส้นผ่าศูนย์กลางของดอกประมาณ 2.5-4 เซนติเมตร ผลเป็นฝักแบน แคมค่อนข้างหนา สีน้ำตาลคล้ำ เมล็ดมี 2 แถว ขี้เหล็กเป็นไม้โตเร็ว แตกกิ่งก้านสาขามาก ขึ้นได้ดีในดินทั่วไป ทนแล้งได้ดี ควรปลูกในฤดูฝน ขยายพันธุ์โดยการเพาะเมล็ด โดยสามารถขึ้นเองตามธรรมชาติ ในป่าเบญจพรรณ ป่าโปร่ง และตามบ้านในทุกภาคทั่วประเทศไทย ยอดอ่อนและดอกอ่อนของขี้เหล็กถูกนำมาปรุงอาหาร ทำแกงกะทิกับเนื้อย่าง หมูย่าง หรือปลาย่าง แกงบอน แกงขี้เหล็กย่านาง แกงเลียงใส่ใบขี้เหล็กของภาคใต้ หรือนำมาลวกจิ้มกับน้ำพริก ใบและดอกขี้เหล็กก่อนนำมาปรุงอาหารต้องต้มแล้วคั้นน้ำทิ้ง 2-3 ครั้ง เพื่อลดความขม โดยประโยชน์ทางยาของขี้เหล็กคือ เปลือก แก้ริดสีดวง ใบแก้ระดูขาว แก้

นิ่ว ขับปัสสาวะ ดอกตูมและใบอ่อนมีสรรพคุณระบายอ่อนๆ ดอกทำให้นอนหลับ แก้หืดล้างศรีษะ แก้รังแค กระพี้แก้ร้อน กระสับกระส่าย ฝัก ภายในฝักมียาฝาดสมาน (tannin) แก้ท้องร่วงและยังมีสาร alkaloid ที่ช่วยระบายอ่อนๆ แก่น แก้ไฟธาตุพิการ แก้ไข้ทำให้ตัวเย็น แก้แสบตาแก้กามโรค แก้หนองใน ราก แก้ไข้ ไข้กลับ ไข้ซ้ำ ขี้เหล็กทั้ง 5 เป็นยาถ่ายพิษกษัย พิษไข้ พิษเสมหะ แก้ขัดเบา

ภาพที่ 6 ขี้เหล็ก

ที่มา : http://www.samunpri.com/ขี้เหล็ก-ช่วยให้นอนหลับ/

1.7 แค

แคมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sesbania grandiflora* Desv. แคหรือ Turi ของชาวชวา ภาคเหนือเรียกว่า แค แคทราย แคป่า แคยาว แคขาว ในต่างประเทศแคเป็นไม้ใช้งาน เป็นฟืน เพราะโตเร็ว ใบแก่ของแคมีเกษตรกรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ หรือปลูกแคเพื่อบำรุงดิน คนไทยใช้ใบอ่อนและดอกแคเป็นอาหาร นอกจากนี้แคยังสามารถใช้ทำอะไรอย่างอื่นอีกหลายอย่าง เช่น เปลือกต้นแค เผา บด ชาวชวาใช้เป็นเครื่องสำอาง คนไทยนิยมรับประทานใบแคแก้ไข้ เปลี่ยนอากาศ เปลี่ยนฤดู หรือแกงส้มดอกแคแก้ไข้หัวลม ใน Amboina เกาะหนึ่งของอินโดนีเซีย น้ำดอกแคใช้หยอดตารักษาตาเบลอ ในหลายๆ ที่ใช้ใบแคเป็นยาระบาย นอกจากนี้แคยังสามารถนำมารับประทานเป็นผักสลัดได้อีกด้วย เกษตรกรมักปลูกแคตามคันนาเพื่อใช้เป็นร่มให้ได้พักผ่อน ดอกแคสำหรับเกษตรกรแล้วเป็นแหล่งอาหารที่ดีต่อสุขภาพ ส่วนใบแคที่ร่วงลงดินก็ช่วยบำรุงดิน (คณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผัก ในโครงการหนูรักผักสีเขียว, 2540) แคมีถิ่นกำเนิดที่ประเทศอินเดีย แถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ในประเทศอินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์และไทย แคเป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก กิ่งเปราะง่ายเปลือกต้นสีเทา ผิวขรุขระ ใบเป็นใบประกอบ ใบย่อยขนาดเล็กเรียงเป็นคู่ 10-30 คู่ ใบย่อยแต่ละใบมีขนาดไม่เท่ากัน ใบเป็นรูปขนาน ปลายมนหรือเว้า มีติ่งเล็กน้อย ผิวใบมีขนเล็กน้อยหรือเป็นผิวเกลี้ยง ดอกคล้ายดอกถั่วออกเป็นช่อที่ซอกใบ แต่ละช่อมี 2-3 ดอก สีขาวหรือสีแดง ดอกยาว 6-10 เซนติเมตร ผลเป็นฝักแบน ยาวประมาณ 20-50 เซนติเมตร ปลายแหลม ภายในมีเมล็ด 15-50 เมล็ด เมื่อแก่ฝักจะปริแตก สามารถเก็บยอดอ่อนและใบอ่อนในฤดูฝน ดอกอ่อนเก็บในช่วงฤดูหนาว พบได้ทุกภาคของประเทศไทย สรรพคุณทางยาของแคมีหลายอย่าง เช่น เปลือกมีสารแทนนิน (tannin) ต้มดื่มแก้ท้องเสีย ราก

คั้นน้ำจากรากผสมน้ำผึ้งเป็นยาขับเสมหะ ยอดอ่อนและใบอ่อนมีสรรพคุณดับพิษร้อน ถอนพิษไข้ ดอกแคกินเป็นยาแก้ไข้หัวลม (นิดดา, 2548)

ภาพที่ 7 แค

ที่มา : http://www.thaikasetsart.com/ข้อมูลของแค/

1.8 ขมิ้น (Turmeric)

ขมิ้นมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Curcuma longa* Linn. มีชื่ออื่นๆ เช่น ภาคใต้เรียกว่า หมิ้น ขี้มิ้น ภาคอีสานเรียกว่า ขี่หมิ่น เชียงใหม่เรียกว่า ขมิ้นแกง ขมิ้นหยวก ขมิ้นหัว กะเหรี่ยงกำแพงเพชรเรียกว่า ตายอ กะเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอนเรียกว่า สะยอ มีถิ่นกำเนิดที่ประเทศอินเดีย ขมิ้นเป็นพืชล้มลุก มีเหง้าอยู่ใต้ดินวงศ์เดียวกับขิงและข่า เนื้อในของเหง้ามี 2 ชนิด คือ สีเหลืองเข้มจนถึงสีแสดจัดและสีขาว มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว เหง้าแต่ละเหง้าจะมีแง่งเล็กๆ เท่านิ้วมือแตกออกเป็นแขนง ตามแง่งจะมีตาที่พร้อมจะแตกออกเป็นลำต้นและใบ ลำต้นที่อยู่เหนือพื้นดินมีความสูงประมาณ 30-80 เซนติเมตร มีลักษณะเป็นกาบใบซ้อนทับกันเป็นชั้นๆ จากโคนถึงปลาย ใบเรียวยาวปลายแหลมคล้ายใบดอกพุทธรักษา ดอกออกเป็นช่อ ก้านช่อแทงจากเหง้าตรงบริเวณกลางระหว่างใบคู่ในสุด ดอกเป็นรูปทรงกระบอก มีสีขาวแถบคาดเหลือง และมีกลีบประดับสีขาวหรือเขียว ขมิ้นสามารถเก็บเหง้าได้ในช่วงเดือนพฤศจิกายนถึงธันวาคม ประเทศไทยปลูกขมิ้นมากในภาคเหนือ ภาคอีสานและภาคใต้แถบ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ การรับประทานขมิ้นของคนใต้จะใช้หัวขมิ้นเป็นเครื่องเทศเพื่อดับกลิ่นคาวและปรุงรสอาหารให้มีกลิ่นหอมและมีสีสันน่ากิน เช่น แกงเหลือง ปลาปิ้ง ปลาทอด ข้าวเหนียวเหลืองและข้าวหมกไก่ ส่วนขมิ้นขาวกินสดๆ แกล้มกับน้ำพริกและไส้กรอกอีสาน สรรพคุณทางยาของขมิ้นจะมาจากสารเคอร์คิวมิน (curcumin) หรือสารสีเหลืองส้มในขมิ้นมีฤทธิ์ยับยั้งการหลั่งของกรดในกระเพาะอาหาร ช่วยขับน้ำดี กระตุ้นให้ถุงน้ำดีบีบรัดตัวมากขึ้น ช่วยรักษาโรคนิ่วในถุงน้ำดี ขมิ้นมีคุณสมบัติต้านจุลินทรีย์ ใช้รักษาแผลและโรคผิวหนัง ผสมน้ำดื่มช่วยขับลม แก้อาการท้องอืดท้องเฟ้อ แก้ไข้เรื้อรัง ผอมเหลือง แก้เสมหะ แก้ท้องร่วง แก้ธาตุพิการ แก้ผื่นคัน ขับกลิ่นและสิ่งสกปรกออกจากร่างกาย หยอดตาแก้ตาบวม ตาแดง พอกแก้ปวดข้อและต้านมะเร็งลำไส้ใหญ่ (นิดดา, 2548)

ภาพที่ 8 ขมิ้น

ที่มา : http://prayod.com/ขมิ้นชัน-turmeric/

1.9 ลูกนาง

ลูกนางเป็นผักพื้นบ้านที่มีลักษณะคล้ายกับลูกเนียง (ลูกเนียงใหญ่ ลูกเนียงบ้าน) และลูกเนียงนก ต่างกันก็ตรงรูปร่างของผลและรสชาติ ลักษณะของลูกเนียงใหญ่จะเป็นไม้ต้นขนาดกลาง เรือนยอดเป็นพุ่มกลมใหญ่แน่นทึบ คลุมลำต้นไว้เป็นส่วนใหญ่ เปลือกเรียบสีเทา หรือน้ำตาลอ่อนปนเทา เปลือกต้นสีเทาหรือน้ำตาลอ่อนปนเทา เรือนยอดเป็นพุ่มกลมใหญ่ ดอกสีขาวขนาดเล็กออกเป็นช่อ ผลเป็นฝักแบนเป็นเกลียวไปทางเดียวกัน คล้ายรูปเกือกม้า ผิวสีน้ำตาลคล้ำหรือน้ำตาลอมม่วง เมล็ดมีลักษณะ คล้ายเมล็ดถั่ว 2 ฝา ลูกเนียงนก ลูกเนียงนกออกผลเป็นฝักในฝักจะมีเมล็ด ประมาณ 6 - 10 เมล็ด พบมากแถวป่าเขาที่มีความชื้นสูง แถวชายแดนมาเลเซีย กลิ่นเหม็นฉุนมาก ต่างจากลูกเนียงบ้านหรือลูกเนียงใหญ่ และลูกนางโดยสิ้นเชิง รสชาติ มัน กรอบ อร่อย นิยมกินคู่กับผัดเผ็ด บูดู แกงพุงปลาหรือขนมจีน หากต้องการเก็บไว้กินสามารถนำไปเพาะในทรายหรือแช่น้ำให้พองอกหน่อ เก็บใส่กล่องปิดฝาให้แน่นเก็บไว้ในตู้เย็นได้ ลูกนางมีลักษณะต้นทรงพุ่มเหมือนต้นเนียงทุกประการ โดยทั่วไปหากไม่สังเกตให้ดีจะดูไม่ออกว่าเป็นต้นเนียงหรือต้นนาง ออกฝักก็เหมือนเนียง แต่หากชิมรสชาติจะรู้ว่าไม่ใช่เนียง (สำหรับคนที่เคยรับประทานลูกเนียงอยู่บ่อยๆ) ลูกนางเพาะจะมีรสชาติดี มัน กรอบดี กลิ่นฉุนน้อยกว่าเนียงนก และเนียงใหญ่ ถิ่นที่อยู่อาศัย ทั้งเนียง เนียงนก และนาง ชอบขึ้นตามชายป่าดิบชื้นทางภาคใต้ พบมากแถวป่าเขาที่มีความชื้นสูง แถวชายแดนมาเลเซียจะมีมาก และภาคตะวันออกเฉียงใต้ ยะลา นราธิวาส และยังพบขึ้นห่างๆตามชายป่าดิบบนพื้นที่ที่ค่อนข้างชุ่มชื้นใกล้ลำธารบนเทือกเขาตะนาวศรีทางภาคตะวันตกเฉียงใต้ กระบี่ ตรัง สตูล การใช้ประโยชน์ลูกเนียงหรือเมล็ดเนียง เป็นผักที่นิยมรับประทานกันโดยเฉพาะทางภาคใต้ของไทยเรา ซึ่งนิยมรับประทานเป็นผักสดหรือผักเหนาะ ใช้ลูกอ่อนปอกเปลือกหรือเพาะจนงอกหน่อหรือต้นอ่อน จิ้มน้ำพริกหรือรับประทานร่วมกับอาหารรสเผ็ด หรือบูดู หรือแกงพุงปลา หรือเป็นผักเหนาะขนมจีน

ภาพที่ 9 ลูกนาง

ที่มา : https://www.gotoknow.org/posts/431391See

ผักพื้นบ้านแต่ละชนิดอุดมไปด้วยคุณค่าทางอาหารและแร่ธาตุที่สำคัญต่อระบบในร่างกายดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของผักส่วนที่กินได้ 100 กรัม

พืช	พลังงาน	โปรตีน	ไขมัน	คาร์โบไฮเดรต	Ca	P	Fe	Vitamin B1	Vitamin B1	ไนอาซิน	Vitamin C	เบต้า-แคโรทีน	ใยอาหาร
	กิโลแคลอรี่		กรัม					มิลลิกรัม				RE	กรัม
ขมิ้นชัน	65	1.7	1.4	11.4	9	41	2.3	0.02	0.03	1.3	12	-	-
ใบมะม่วงหิมพานต์	100	5.2	0.6	23.1	-	-	-	0.01	0.01	1.4	89	103*	-
ข่า	20	1.3	0.3	3.1	5	27	0.1	0.24	0.06	0.4	22	2.41*	-
ดอกขี้เหล็ก	80	4.94	0.4	14.3	13	4	1.6	0.11	0	1.8	484	-	-
ดอกแค	33.0	2.1	0.2	5.6	2	57	1.2	0.09	0.49	0.5	35	0.51*	-
เมล็ดสะตอ	130	8	4	15.5	76	83	0.7	0.11	0.01	1	6	-	-

* วิเคราะห์โดยสถาบันวิจัยโภชนาการ มหาวิทยาลัยมหิดล

RE ไมโครกรัมเทียบหน่วยเรตินัล

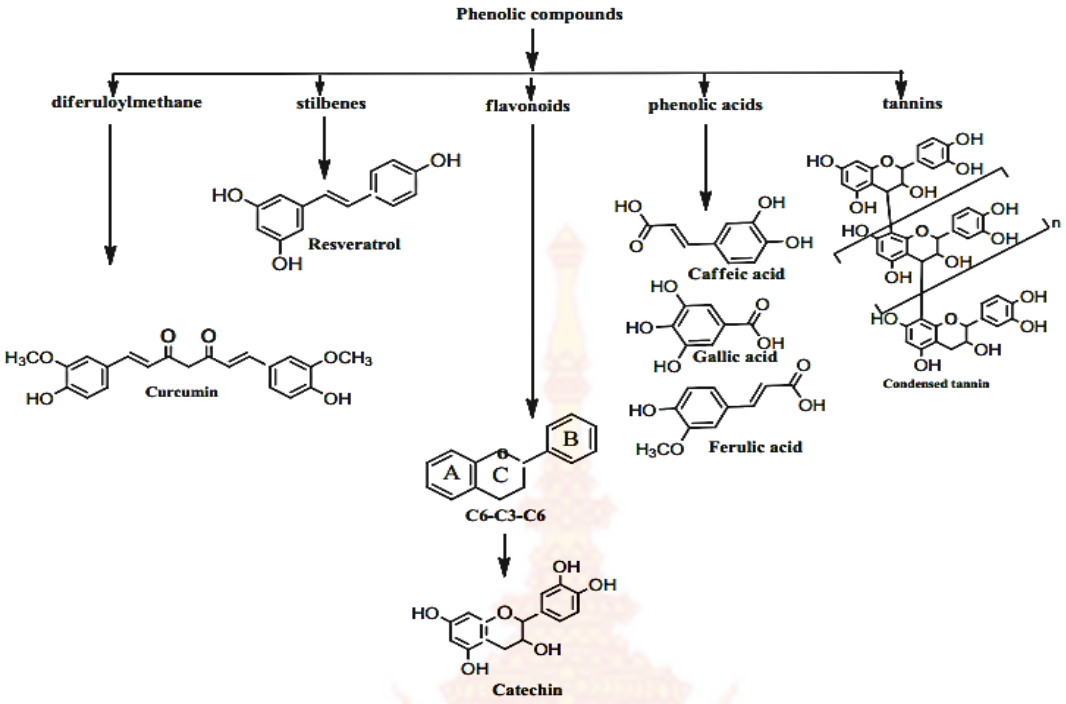
- ไม่มีการวิเคราะห์

ที่มา : กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย, 2535. อ้างโดยคณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผัก ในโครงการหนูรักผักสีเขียว (2540)

2. สารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compound)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารที่พบได้ทั่วไปในพืช มีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) และมีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิลอย่างน้อยหนึ่งหมู่ในโมเลกุล สามารถละลายในน้ำได้ ส่วนใหญ่สารประกอบฟีนอลิกมักรวมตัวกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกที่เจอได้ในธรรมชาติมีหลายกลุ่ม รวมทั้งมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีที่แตกต่างกัน โดยกลุ่มใหญ่ที่พบจะเป็นสารประกอบ ฟลาโวนอยด์ (flavonoid) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น ฟีนอล (phenol) ฟีนิล (phenyl) โพรพานอยด์ (propanoid) ฟีนอลิก (phenolic) คิวโนน (quinine) และโพลีฟีนอลิก (polyphenolic) ได้แก่ พวกลิกนิน (lignin) เมลานิน (melanin) และแทนนิน (tannin) เป็นต้น รวมทั้งยังพบว่ามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีน อัลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์ฟีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น สำหรับหน้าที่ของสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้บางชนิดก็ทราบแน่ชัด เช่น ลิกนิน ทำหน้าที่เป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์ของพืช สารในกลุ่มแอนโธไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารที่ให้สีในผลไม้และดอกไม้ และสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีความสำคัญในการควบคุมการเจริญของพืชจำพวกถั่ว เป็นต้น นอกจากนี้พบว่า สารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น กรดฟีนอลิก แทนนิน และฟลาโวนอยด์ เป็นต้น (มณฑนา, 2556)

สารประกอบฟีนอลิก เป็นสารทุติยภูมิที่พืชผักสร้างขึ้น ทำให้ผักผลไม้มีรสชาติขม สร้างกลิ่นรส และมีส่วนในการเกิดสี พบในใบ ดอก ผล โดยจะมีปริมาณแตกต่างกันขึ้นอยู่กับชนิดและสภาวะแวดล้อมในการปลูก ซึ่งสารประกอบฟีนอลิกมีหน้าที่ในการปกป้องตัวเองจากสภาวะแวดล้อมไม่เหมาะสม เช่น ต่อต้านเชื้อรา แบคทีเรีย แมลง รังสียูวีจากแสงแดด กำจัดโลหะหนัก (chelation) และต้านอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสังเคราะห์แสง Manach *et al.* (2004) พบว่า สารประกอบฟีนอลิกในพืชผักมีมากกว่า 8,000 ชนิด สามารถแบ่งตามโครงสร้างออกเป็น 5 ประเภท ขึ้นอยู่กับจำนวนของวงแหวนฟีนอลและองค์ประกอบอื่นๆ ของโครงสร้างที่เชื่อมกับวงแหวนฟีนอล (ภาพที่ 10)



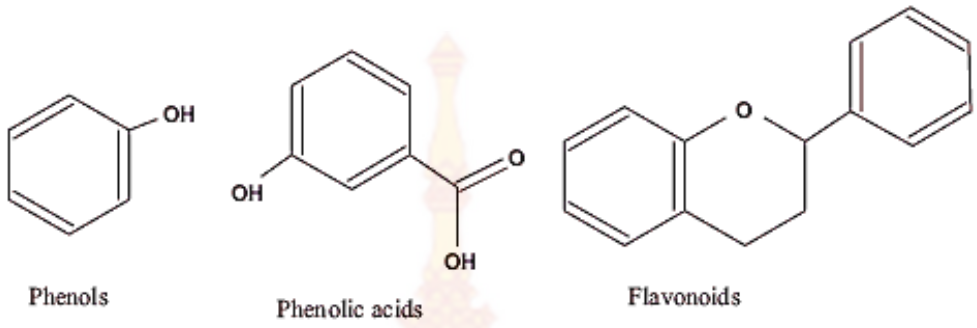
ภาพที่ 10 โครงสร้างของสารประกอบฟีนอลิก

ที่มา : Han *et al*. (2007)

จากภาพที่ 10 สามารถจำแนกสารประกอบฟีนอลิกตามโครงสร้าง คือ ไดเฟอรูโลอิลมีเทน (diferuloylmethane) เช่น สารเคอร์คูมิน(cucrmin) ในขมิ้น ; สทิลบีน (stilbenes) เช่น เรสเวอราทรอล (resveratrol) ในเปลือกองุ่นและถั่วลิสง ; ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ที่โครงสร้างพื้นฐานประกอบด้วยวงแหวนเอ (A ring) และวงแหวนบี (B ring) เชื่อมกันด้วยวงแหวนไพแรนหรือวงแหวนซี (C ring) (C_6-C_3-C_6) เช่น แคทเทชิน (catechin) ในชา โกโก้ และไวน์แดง ; กรดฟีโนลิก (phenolic acids) เช่น กรดควินิก (quinic acid) กรดแกลลิค (gallic acid) และกรดเฟอรูริก (ferulic acid) พบในผลไม้ทั่วไป ; แทนนิน (tannins)

สารประกอบฟีนอลิกกลุ่มกรดฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์เป็นสารพบมากที่สุดในพืช เช่น ผัก ผลไม้ เครื่องเทศ สมุนไพร ถั่วเมล็ดแห้ง และเมล็ดธัญพืช ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ในการเจริญเติบโตของพืช และยังได้รับความสนใจจากนักวิชาการมากที่สุด ถึงแม้ว่าพอลีฟีนอลไม่จัดเป็นสารอาหารตามหลักโภชนาการเนื่องจากไม่ให้พลังงานโดยตรง หรือไม่เป็นสารช่วยให้เกิดพลังงานเหมือนวิตามินและแร่ธาตุ แถมยังไม่ช่วยในด้านการเจริญเติบโตของร่างกาย แต่ก็มีบทบาทในด้านการส่งเสริมสุขภาพ ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาการรับประทานผักและผลไม้พบว่า สามารถลดการเกิดโรคได้ อีกทั้งสารประกอบฟีนอลิกยังมีสรรพคุณที่ดีต่อสุขภาพสามารถต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant) และละลายน้ำได้ โดยสารประกอบฟีนอลิกมีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนที่เป็นอนุพันธ์ของเบนซินมีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH-group) อย่างน้อย

หนึ่งหมู่ต่ออยู่ โดยสารฟีนอลิกพื้นฐาน คือ ฟีนอล (phenol) ที่ประกอบด้วยวงแหวนเบนซิน 1 วง และหมู่ไฮดรอกซิล 1 หมู่ ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 โครงสร้างโมเลกุลของสารประกอบฟีนอลิก
ที่มา : มณฑนา (2556)

3. สารต้านอนุมูลอิสระ

สารต้านอนุมูลอิสระมีความสำคัญต่อกระบวนการออกซิไดซ์อนุมูลอิสระ หรือสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยในสิ่งมีชีวิตจะมีระบบการป้องกันการทำลายเซลล์และเนื้อเยื่อจากอนุมูลอิสระอยู่แล้วที่ประกอบด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมากมายหลายชนิดที่ทำหน้าที่แตกต่างกันไป ทั้งที่เป็นเอนไซม์และไม่ใช่เอนไซม์ ทั้งที่เป็นสารประกอบที่ละลายในน้ำและสารประกอบที่ละลายในไขมัน โดยสารต้านอนุมูลอิสระเหล่านี้มีกลไกในการต้านอนุมูลอิสระด้วยกันหลายแบบ เช่น ดักจับอนุมูลอิสระ (radical scavenging) การยับยั้งการทำงานของออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน (singlet oxygen quenching) จับกับโลหะที่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ (metal chelation) หยุดปฏิกิริยาการสร้างอนุมูลอิสระ (chain-breaking) และยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ที่เร่งปฏิกิริยาอนุมูลอิสระ เป็นต้น (บุหลัน, 2556) แหล่งที่มาของสารต้านอนุมูลอิสระ มี 2 แหล่ง ได้แก่

3.1 สารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ พบได้ในสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ เป็นได้ทั้งเอนไซม์ วิตามินและสารอื่นๆ สำหรับผักพื้นบ้านที่มีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของผัก

(ตารางที่ 2) สภาพดิน ฟ้า อากาศ และแหล่งที่ปลูก และความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านที่แตกต่างกันตามส่วนของพืชผักที่นำมารับประทาน

ตารางที่ 2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านไทย

ความสามารถในการต้านสารอนุมูลอิสระ	ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ	ตัวอย่างผักพื้นบ้าน
สูง	>ร้อยละ 2 ของน้ำหนักผักแห้ง	ผักหนาม ผักแปม ผักฮ้วน ยอดมะม่วง ฝักกระถิน ยอดกระถิน ผักเม็ก ยอดถั่วลันเตา ผักบุ้งไทย ผักกาดนกเขา ยอดมะปริง ตะไคร้ ลูกเนียง ฉิ่ง ยอดมันเทศ ยอดทำมัง ยอดเหมียง (เหลียง) ยอดหมุย ยอดมันปู ขี้เสียด ยอดมะปราง ใบมะเม้า บัวเผื่อน ยอดมันแกวเขียว ใบมะม่วงหิมพานต์
ปานกลาง	ร้อยละ 0.36-2 ของน้ำหนักผักแห้ง	ผักพาย ผักโขมไทย ดอกโสน ถั่วฝักยาว ผักขี้หูด ยอดผักปลังขนุนอ่อน ผักเสี้ยน ถั่วแปบ ผักติ้ว ใบชะพลู ใบบัวบก ใบยอ ผักบุ้งจีน ผักชีฝรั่ง ผักชีลาว ใบขี้เหล็ก ใบแมงลัก ใบชะอม พริกไทยอ่อน ยอดเล็บครุฑ ผักชี บอน ใบชะมวง ลูกเหรียง ถั่วพู ฝักมะรุม ใบยี่หร่า ผักคะน้า บวบ ใบตำลึง สะตอ ส้มเม่า ผักชีล้อม ยอดเทียม ดอกขี้เหล็ก ต้นกระชาย ดอกกระเจียวแดง ผักกระสัง ขมิ้นชัน ดอกแคบ้าน ผักหวานบ้าน ต้นข่าอ่อน กุยช่าย ลูกมะแว้ง ดอกข่า มะเขือเปราะม่วงใบสะเดาอ่อน
ต่ำ	< ร้อยละ 0.36 ของน้ำหนักผักแห้ง	ผักคราด ผักแส้ว ดอกแค หางค่าง ใบย่านาง งิ้ว ผักโขมเล็ก กระบก ดีปลี ผักหวานป่า ใบโหระพา ใบกะเพรา ดอกผักชีฝรั่ง หัวปลี ผักกูด คูน ยอดมะระจีน จะค่าน เผือกหอม ยอดมะขาม ลูกเถาคัน เห็ดเผาะ เห็ดตับเต่า เห็ดขอนขาว ลูกแฟบ เห็ดโคน เห็ดแครง ลูกเนียงนก ไพล ยอดฟักทอง ผักแมะ

ที่มา : บุหลัน (2556)

3.2 สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ (synthetic antioxidants) ที่เป็นสารประกอบฟีนอลิกที่ได้มาจากการสังเคราะห์ ได้แก่

1) บีเอชเอ (Butylated hydroxylanisole, BHA) เป็นวัตถุกันหืนที่นิยมใช้กันมากชนิดหนึ่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีไขมันและน้ำมันเป็นส่วนประกอบ ซึ่งบีเอชเอเป็นสารประกอบที่มีผลึกสีขาวหรือสีเหลืองอ่อน มีกลิ่นฉุน ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในแอลกอฮอล์

2) บีเอชที (Butylated hydroxytoluene, BHT) เป็นวัตถุกันหืนชนิดหนึ่งที่นิยมใช้เช่นเดียวกับบีเอชเอ แต่มีประสิทธิภาพดีกว่าเล็กน้อย บีเอชทีเป็นสารประกอบที่เป็นผลึกสีขาว หรือสีเหลืองอ่อน ไม่ละลายน้ำแต่ละลายในแอลกอฮอล์และให้กลิ่นฟีนอล (phenol)

3) พีจี (Propyl gallate, PG) เป็นเอสเทอร์ของโพรพานอลกับกรดแกลลิก (3,4,5-trihydroxybenzoic acid) ละลายได้ในไขมันและน้ำมัน มีบทบาทสำคัญในการเป็นสารต้านออกซิเดชันให้แก่ผลิตภัณฑ์พวกไขมัน น้ำมัน และเนยเทียม

4) ทีบีเอชคิว (Tertiary butylhydroquinone, TBHQ) วัตถุเจือปนอาหารที่เป็นสารประกอบฟีนอลิก เพื่อใช้เป็นเป็นสารกันหืน (antioxidant) โดยสามารถป้องกันการหืน (rancidity) ที่เกิดจากปฏิกิริยาการออกซิเดชันของลิพิด (lipid oxidation)

สารต้านอนุมูลอิสระสังเคราะห์ทั้งหมดนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เพื่อยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันอันเป็นสาเหตุให้อาหารมีกลิ่น สี และ รสชาติที่เปลี่ยนไป โดยสารสังเคราะห์เหล่านี้มีประสิทธิภาพและความคงตัวสูงกว่าสารสกัดจากธรรมชาติ แต่มีข้อจำกัดของการใช้เนื่องจากปัญหาด้านความปลอดภัยในการบริโภค (พรทิพย์, 2547)

4. ขั้นตอนการเกิดออโตออกซิเดชัน (Autoxidation)

4.1 ขั้นเริ่มต้น (Initiation)

ไฮโดรเจนถูกดึงออกจากไฮโดรคาร์บอนที่ไม่อิ่มตัว (unsaturated hydrocarbon) เกิดเป็นอนุมูลอิสระ (free radical) เช่น อนุมูลเปอร์ออกซี (peroxy radical; $RO^{\bullet}_{2}$) อนุมูลอัลคอกซี (alkoxy radical; $RO^{\bullet}$) อนุมูลอัลคิล (alkyl radical; $R^{\bullet}$)

4.2. ขั้นการแพร่ขยายลูกโซ่ (Chain propagation)

เป็นขั้นตอนที่ออกซิเจนเข้ารวมตัวกับอนุมูลอิสระเกิดเป็นอนุมูลอิสระตัวใหม่และทำปฏิกิริยาต่อไปเรื่อยๆ

$$R^{\bullet} + O_2 \longrightarrow RO^{\bullet}_2$$

$$RO^{\bullet} + RH \longrightarrow ROH + R^{\bullet}$$

$$RO^{\bullet}_2 + RH \longrightarrow ROOH + R^{\bullet}$$

4.3 ขั้นการสิ้นสุดลูกโซ่ (Chain termination)

ในขั้นตอนนี้อนุมูลอิสระจะรวมตัวกันเองเกิดเป็นสารประกอบที่เป็นกลางและเสถียร ไม่ทำปฏิกิริยาต่อ

$$2R^{\bullet} \longrightarrow RR$$

$$R^{\bullet} + RO^{\bullet}_2 \longrightarrow ROOR$$

$$2\,RO^{\bullet}_2 \longrightarrow ROOR + O_2$$

การเพิ่มอุณหภูมิจะทำให้อัตราเร็วของปฏิกิริยาสูงขึ้นเนื่องจากทำให้ขั้นตอนการแพร่ขยายลูกโซ่เกิดได้เร็วขึ้น และทำให้เปอร์ออกไซด์ (peroxide; ROOH, ROOR) สลายตัว ปริมาณอนุมูลอิสระจึงมีมากขึ้นและเกิดปฏิกิริยาได้ดีขึ้น ปฏิกิริยาออกซิเดชันจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ ดังนี้

1) แสง เป็นแหล่งพลังงานสำคัญที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน โดยเฉพาะแสงที่มีความยาวคลื่นๆ (ช่วงของแสงอัลตราไวโอเลต) ได้มีการศึกษาโดยใช้น้ำมันพืชหลายชนิด สัมผัสกับแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ แล้ววัดอัตราการดูดกลืนออกซิเจนของน้ำมันแต่ละชนิด พบว่าในช่วงแสงที่มีความยาวคลื่นสั้น (ประมาณ 300 นาโนเมตร) คือในช่วงของแสงอัลตราไวโอเลต น้ำมันทุกชนิดจะมีอัตราการดูดซึมออกซิเจนสูงสุด นั้นคือเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันสูงสุดนั่นเอง ป้องกันได้โดยใช้ภาชนะบรรจุที่แสงส่องผ่านไม่ได้หรือขวดสีชา

2) อุณหภูมิ เนื่องจากพลังงานที่ต้องใช้ในการเกิดปฏิกิริยาระยะที่ 1 และ 2 ของปฏิกิริยาออโตออกซิเดชันค่อนข้างต่ำ ดังนั้นการลดอุณหภูมิไขมันให้ต่ำกว่าอุณหภูมิห้อง จะขัดขวางปฏิกิริยาดังกล่าว ซึ่งอุณหภูมิมีผลน้อยกว่ามากต่อโฟโตออกซิเดชัน แต่เพิ่มอัตราเร็วของปฏิกิริยาลูกโซ่ของออกซิเดชัน

และทำให้เกิดการสลายตัวของเปอร์ออกไซด์ ทำให้เพิ่มปริมาณอนุมูลอิสระที่จะเข้าสู่ปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป

3) โลหะ โลหะในกลุ่มทรานซิชัน (transition) ที่สำคัญ คือ เหล็กและทองแดงซึ่งโลหะทั้งสองชนิดนี้มีโอกาสปนเปื้อนมากจากกระบวนการผลิตน้ำมันและปริมาณเพียงเล็กน้อยในรูปที่ไม่ละลายน้ำ แต่สามารถเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันได้ทำให้ระยะเหนี่ยวนำของไขมันลดลง กลไกการออกฤทธิ์ของโลหะคือทำให้ไฮโดรเปอร์ออกไซด์เกิดการสลายตัวได้อนุมูลอิสระ (RO, ROO) ซึ่งจะเข้าสู่ปฏิกิริยาลูกโซ่ของออโตออกซิเดชัน ดังนี้

$$M^{+} + ROOH \longrightarrow RO^{\bullet} + OH^{-} + M^{2+}$$

$$M^{2+} + ROOH \longrightarrow ROO^{\bullet} + H^{+} + M^{+}$$

$$2ROOH \longrightarrow RO^{\bullet} + ROO^{\bullet} + H_2O$$

เมื่อ M^{+}, M^{2+} คือ โลหะที่มีเวเลนซีเป็น 1+ กับ 2+

ROOH คือ ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

$RO^{\bullet}, ROO^{\bullet}$ คือ อนุมูลอิสระ

ในอาหารที่มีไขมันเป็นส่วนประกอบมักจะพบโลหะปนเปื้อนอยู่เล็กน้อย ถึงแม้ว่าอาหารนั้นจะผ่านกระบวนการทำให้บริสุทธิ์มาแล้วก็ตาม ทั้งนี้เนื่องจากโลหะเหล่านี้เป็นส่วนประกอบของสารที่สำคัญบางชนิดในเซลล์ของพืชและสัตว์ เช่น คลอโรฟิลล์ ไซโตโครม ฮีโมโกลบินและไมโอโกลบิน ปัญหาการปนเปื้อนของโลหะจึงเป็นปัญหาสำคัญ แต่สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยใช้สารเคมี เช่น เอทธิลีนเอมีนเตตราอะซิติกแอซิด (ethylene diamine tetraacetic acid; EDTA)

4) โครงสร้างของโมเลกุลไขมัน น้ำมันหรือไขมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว คือ มีพันธะคู่ในโมเลกุล เกิดการหืนเนื่องจากออกซิเจนทำปฏิกิริยาได้ดีกว่ากรดไขมันอิ่มตัว และยิ่งมีพันธะคู่มาก คือ มีความไม่อิ่มตัวสูงจะยิ่งหืนได้เร็วกว่าน้ำมันที่มีความไม่อิ่มตัวต่ำ กรดไขมันที่มีความไม่อิ่มตัวสูง เช่น กรด

ลิโนลีอิค (2 พันธะคู่) กรดลิโนเลนิค (3 พันธะคู่) พบว่า การเกิดโฟโตออกซิเดชันของเมทธิลโอลิดอิคต่อเมทธิลลิโนลีเอท ต่อเมทธิลลิโนลีเนท เท่ากับ 1:1.7:2.3

5) ส่วนประกอบของน้ำมันและไขมัน น้ำมันหรือไขมันแต่ละชนิดมีความไวต่อปฏิกิริยาออกซิเดชันแตกต่างกัน ขึ้นกับส่วนประกอบต่างๆ ที่รวมกันเป็นน้ำมันชนิดนั้นๆ ตัวอย่างเช่น น้ำมันที่มีร้อยละของกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูงจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เร็วกว่าน้ำมันที่มีร้อยละของกรดไขมันไม่อิ่มตัวต่ำหรือเป็นกรดไขมันอิ่มตัว ตัวอย่าง น้ำมันที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง เช่น น้ำมันดอกทานตะวัน น้ำมันถั่วเหลือง นอกจากส่วนประกอบหลักแล้ว ยังมีส่วนประกอบย่อยๆ อื่นที่มีผลต่ออัตราการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันนั้นๆ เช่น วิตามินอี ฟอสฟาไทด์ สารประกอบทั้งสองนี้จะเสริมฤทธิ์กันในการต้านออกซิเดชันทำให้น้ำมันเกิดการหืนช้าลง ในไขมันสัตว์อาจพบวิตามินอีบ้างเล็กน้อยซึ่งมาจากการที่สัตว์กินพืชที่มีวิตามินอีเป็นอาหาร

6) ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalyst) หรือโปรออกซิเดนท์ (pro-oxidant) ได้แก่ เอนไซม์ไลพอกซีจีเนส สารประกอบฮีตามีน สารสี (pigment) ต่างๆ เช่น คลอโรฟีลล์ คาโรทีนอยด์ (carotenoid) บางตัวสามารถเร่งการเกิดออกซิเดชันได้ (ศิรินทร, 2544)

5. บรรจุภัณฑ์ต้านออกซิเดชัน (Antioxidant packaging)

บรรจุภัณฑ์ต้านออกซิเดชัน (antioxidant packaging) เป็นประเภทหนึ่งของบรรจุภัณฑ์เชิงรุกที่จะช่วยยืดอายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์อาหารไว้จากการเน่าเสีย การเปลี่ยนแปลงสี กลิ่น รสและการสูญเสียคุณค่าทางโภชนาการของอาหารซึ่งเป็นสาเหตุจากปฏิกิริยาการเกิดออกซิเดชัน (Anklam *et al*., 1997; Morales-Aizpurua and Tenuta-Filho, 2005) การใช้สารต้านออกซิเดชันในบรรจุภัณฑ์อาหารอาจจะเติมลงในบรรจุภัณฑ์อาหารโดยตรงหรือการเคลือบบนบรรจุภัณฑ์อาหารเพื่อควบคุมการเกิดการออกซิเดชันของไขมัน สารที่เติมอาจจะเป็นสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ เช่น BHT และ BHA แต่เนื่องจากการใช้สารเคมีซึ่งมีความเป็นพิษ ดังนั้นจึงได้ได้มีความสนใจที่จะใช้สารต้านออกซิเดชันจากธรรมชาติ เช่น α-tocopherol ascorbic acid และ phenolic compound

6. เอกสารที่เกี่ยวข้อง

พิชญ์อร (2549) ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในพืช ได้แก่ ใบติ้ว กระโดนบก และกระถินสำหรับใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติเพื่อทดแทนสารสังเคราะห์ จนทำให้ได้รับความสนใจมากขึ้น โดยสารต้านอนุมูลอิสระจะใช้เพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และยา โดยฟีนอลิกเป็นสารประกอบหลักในพืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูล

อิสระ และสำหรับกลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม และกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับโลหะ

ระวิวรรณ และทรงพร (2549) ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรที่พบทั่วไปในจังหวัดอุบลราชธานี 8 ชนิด ได้แก่ เหียง กระบก แมงลักคา หูเสือ เอนอ้า มะพอก มะสังและตูมกาขาว ด้วยการนำส่วนต่างๆ ของพืชมาสกัดด้วยตัวทำละลายเอทิลอะซีแตทและเอทานอล แล้วทดสอบกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH• พบว่า สารสกัดชั้น ethanol มีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารสกัดในชั้นเอทิลอะซีแตทโดยมีร้อยละการยับยั้งอยู่ในช่วง 19.8 ถึง 51.4 และมีค่า vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) อยู่ในช่วง 4.4 ถึง 105.9 มิลลิกรัมวิตามินซี/100 กรัมสารสกัด ส่วนการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดชั้นเอทานอลโดยใช้วิธี Folin-Ciocalteu พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดนี้จะอยู่ในช่วง 5.4 ถึง 41.5 มิลลิกรัมกรดแกลลิค/กรัมสารสกัด เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างสารประกอบฟีนอลิกกับการมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระพบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.6

พูลทรัพย์ และรัชนี (2552) ศึกษาความหลากหลายของชนิด คุณค่าทางโภชนาการและการใช้ประโยชน์ในการปรุงอาหารแบบดั้งเดิมของคนไทยในภาคใต้ โดยกำหนดการเก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านในภาคใต้ (ใบมันปู ใบมะม่วงหิมพานต์ ใบเหลียง ผักกูด ผักโขมแดง และขมิ้นอ่อน) ใน 14 จังหวัดภาคใต้ เพื่อนำมาศึกษาองค์ประกอบทางเคมี สารต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า ผักพื้นบ้านของไทยมีสารประกอบฟีนอลิกอยู่ในปริมาณมาก ได้แก่ ใบมันปูมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอยู่ 4762.76 mg GAE/100g ใบมะม่วงหิมพานต์ 4075.79 mg GAE/100g ขมิ้นอ่อน 1037.31 mg GAE/100 g ใบส้มแป้น 609.22 mg GAE/100g และผลข่าลิง 571.88 mg GAE/100g เป็นต้น

เกศศินี และจันทร์เพ็ญ (2543) ศึกษาผักพื้นบ้านไทยจำนวน 83 ชนิด ที่รวบรวมจากตลาดในภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคใต้ โดยทำการสกัดสารจากผักสดด้วย เอทานอล เพื่อทำการวิเคราะห์กิจกรรมการต้านสารอนุมูลอิสระ พบว่า ร้อยละ 55.9 ของผักพื้นบ้านไทยทั้ง 83 ตัวอย่าง จัดอยู่ในกลุ่มที่มีศักยภาพสูงมาก โดยสารที่มีกิจกรรมการต้านสารอนุมูลอิสระมากกว่า 100 มิลลิกรัม BHA ต่อผักสด 100 กรัม และร้อยละ 29.7 มีศักยภาพในการต้านสารอนุมูลอิสระสูง คือ สารที่มีฤทธิ์ต้านสารอนุมูลอิสระ 25-100 มิลลิกรัม BHA ต่อผักสด 100 กรัม ส่วนผักที่เหลือจัดอยู่ในกลุ่มที่มีศักยภาพปานกลาง และต่ำ ร้อยละ 10.7 และ 3.6 ตามลำดับ

จรัสรัตน์ และคณะ (2556) ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบ ฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดจากพืช 7 ชนิด ได้แก่ ขิงแก่ ขมิ้น ขมิ้นชัน มะขามป้อม ชาอัสสัม ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวเหนียวดำ ทั้งสดและแห้งที่สกัดด้วยเอทานอล พบว่า สารสกัดจากมะขามป้อมแห้ง มีกิจกรรมการ

ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) และ 2,2-azinobis (3-ethlbenzothaiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS) สูงที่สุดเท่ากับ 4,191.88 และ 1,744.7 mg/L BHT equivalent/g DW ตามลำดับ และในทำนองเดียวกันปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Folin-Ciocalteau Phenol Test พบว่า สารสกัดจากมะขามป้อมแห้งมีสารประกอบฟีนอลิก รวมสูงสุดเท่ากับ 260.20 mg GAE/g DW รองลงมาคือ ชาอัสสัม และขมิ้นชัน

วิชุดา และคณะ (2555) ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสจากสารสกัดทั้งสดและแห้งของผักพื้นบ้าน 9 ชนิดในอำเภอกงหรา จังหวัดพัทลุง ได้แก่ ใบจิกนา เปลือกเนียง ใบเนียงรอก ฝักเพกา ผลมะเดื่อกรวด มะเดื่องั่ว มะเดื่อชีน้อย มะเดื่อโป๊ะ และมะเดื่อฉิ่ง โดยศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH• พบว่า สารสกัดจากเพกาแห้งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงสุด โดยมีกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 92.25 และพบว่า ผลมะเดื่อชีน้อยแห้งมีกิจกรรมการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสสูงสุด โดยมีการยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสร้อยละ 85.46 และมะเดื่อฉิ่งมีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 13.50 โดยน้ำหนักแห้ง

วิภาดา และยิ่งยง (2555) ศึกษากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และปริมาณเคอร์คูมินอยด์ของสารสกัดพืชสกุลขิง 8 ชนิดที่พบในประเทศไทย โดยการนำมาวิเคราะห์กิจกรรมต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS เปรียบเทียบกับวิตามินซี พบว่า สารสกัดของ *Zingiberraceae officinale* มีกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดจากการวิเคราะห์ทั้งสองวิธี กล่าวคือ สามารถยับยั้งอนุมูล DPPH• และอนุมูล ABTS•+ ได้ครึ่งหนึ่งของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด โดยมีค่า IC_{50} เท่ากับ 4.26 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และ 7.04 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ และการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก พบว่า ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในสารสกัดพืชสกุลขิงอยู่ในช่วงตั้งแต่ 0.24 ถึง 0.85 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของตัวอย่าง เมื่อนำมาวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างสารฟีนอลิกทั้งหมดกับกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และ ABTS พบว่า มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

Supasit (2013) ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกจากข้าวกล้องสังข์หยดในพัทลุง ซึ่งเป็นข้าวทางภาคใต้ของประเทศไทยที่สกัดโดยใช้อัลตราซาวด์เสริม ซึ่งจะใช้สารสกัดจากข้าวในการรักษาเสถียรภาพน้ำมันปาล์มระหว่างการเก็บรักษา พบว่า ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดที่ได้จากการสกัดเป็นร้อยละ 15.31 ซึ่งสูงกว่าปริมาณที่ได้จากการสกัดแบบดั้งเดิม และสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดข้าวกล้องสังข์หยดพัทลุงโดยใช้อัลตราซาวด์เสริม คือ ความเข้มข้นของเอทานอลที่ร้อยละ 60 พีเอช 6 และเวลาการสกัด 25 นาที โดยได้ปริมาณฟีนอลิกเท่ากับ 1.30 mg FAE/g DW ส่วนกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระDPPH เท่ากับร้อยละ 86.55

ฉัตรทิพย์ และคณะ (2557) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic acids) จากกากรำข้าวโดยใช้อัลตร้าโซนิก (ultrasonication) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดที่อุณหภูมิต่างๆ (30 40 50 องศาเซลเซียส) ในช่วงระยะเวลา 60-120 นาที ผลการศึกษาจากตัวอย่าง พบว่ากากรำข้าวมีความชื้นเฉลี่ยร้อยละ 9.89-10.39 และปริมาณไขมันเฉลี่ยร้อยละ 1.58-8.23 โดยน้ำหนักแห้ง

นอกจากนี้ได้ศึกษาองค์ประกอบของกรดฟีนอลิกในกาก รำข้าวด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีของเหลวสมรรถนะสูง พบว่า กรดฟีนอลิกหลักในกากรำข้าวมี 3 ชนิด ได้แก่ กรดเฟอรูลิก กรดพาราคูมาริก และกรดซินแนปปิก และสามารถสรุปได้ว่าสภาวะในการสกัดกรดฟีนอลิกทั้งหมดจากกากรำข้าวด้วยการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิกที่เหมาะสม คือ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที โดยวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของสารสกัดด้วยวิธี Folin-Ciocalteau reagent ซึ่งอยู่ในช่วง 3.00 ถึง 5.80 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมของน้ำหนักแห้งและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดด้วยวิธี DPPH พบอยู่ในช่วงร้อยละ 88.89 ถึง 91.09

ณรงค์พันธุ์ (2557) ศึกษาการใช้คลื่นอัลตร้าโซนิกในการเพิ่มประสิทธิภาพการสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดง โดยมีปัจจัยในการศึกษาคือ กำลังของเครื่องอัลตร้าโซนิก เวลาในการสกัด และอัตราส่วนของกระเจี๊ยบแดงต่อตัวทำละลายด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง วางแผนการทดลองแบบ Box-Behnken Design โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย ด้วยปัจจัยของกำลังของอัลตร้าโซนิกในช่วงร้อยละ 40-80 ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ กำลังไฟ 160 วัตต์ เวลาในการสกัด 15-45 นาที และอัตราส่วนกระเจี๊ยบต่อตัวทำละลายที่ 10 20 และ 30 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร จากการทดสอบการตอบสนองที่เหมาะสม พบว่า สภาวะการสกัดที่ทำให้ได้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด 54.27 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม ได้แก่ กำลังอัลตร้าโซนิกร้อยละ 80 เวลาในการสกัด 45 นาที และอัตราส่วนกระเจี๊ยบแดงที่ 30 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร ที่สภาวะนี้แอนโทไซยานินที่สกัดได้มีค่าการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 82.16 โดยคลื่นอัลตร้าซาวด์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ต่อประสิทธิภาพการสกัดแอนโทไซยานินและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ระยะเวลาในการสกัดมีผลอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$) ต่อคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ และอัตราส่วนกระเจี๊ยบแดงต่อตัวทำละลายที่มีผลต่อค่าสีแดงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P\leq0.05$)

ดาริกา และคณะ (2556) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดพอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายผมนาง โดยใช้เทคนิคพื้นผิวตอบสนองที่มีการวางแผนการทดลองแบบบ๊อกซ์-เบห์นเคนเพื่อศึกษาผลของปัจจัย 3 ปัจจัย คือ อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายกับน้ำ ระยะเวลาในการสกัด และจำนวนรอบในการสกัดต่อปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้ พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 ปัจจัย มีผลต่อปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้ ข้อมูลจากการทดลองที่ได้มีความเหมาะสมกับสมการควอดราติก เนื่องจากให้ค่าสัมประสิทธิ์ของการตัดสินใจสูง (R^2=0.9140) เมื่อนำสมการทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาสร้างกราฟพื้นผิวผลตอบสนองและกราฟโครงร่างของปริมาณพอลิแซ็กคาไรด์ที่สกัดได้เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด พบว่า สภาวะที่เหมาะสมในการสกัด คือ จำนวนรอบในการสกัดที่ 3 รอบ อัตราส่วนระหว่างสาหร่ายต่อน้ำที่ 1:35 และระยะเวลาในการสกัดที่ 60 นาทีโดยสภาวะดังกล่าวสามารถสกัดพอลิแซ็กคาไรด์ได้เท่ากับ 63.23 กรัมต่อ 100 กรัม สาหร่าย

Cerruti *et al*. (2011) ศึกษาผลของสารสกัดโพลีฟีนอลิกต่อโพลิเมอร์ย่อยสลายได้จากแป้ง พบว่า สารสกัดโพลีฟีนอลจากของเสียโรงกลั่นเหล้าองุ่น (winery waste) สามารถปรับกระบวนการ (processing) คุณสมบัติทางกล (mechanical properties) คุณสมบัติความร้อน (thermal properties) และ

การย่อยสลายได้ (biodegradation properties) โดยจะลดค่าความหนืดซึ่งทำให้เพิ่มความสามารถในการผลิตของกระบวนการโพลิเมอร์ และเกิดการ crosslinking กับโพลิเมอร์ของแป้งเมื่อมีการให้ความร้อนผ่านเครื่องขึ้นรูปฟิล์มแบบสกรูเดี่ยว (single screw extruder)

วิรงรองและพรชัย (2552) ศึกษาลักษณะเฉพาะของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง (ร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) มีกลีเซอรอลเป็นพลาสติกไซเซอร์ผลของความเข้มข้นของคาร์บอกซีเมทิลเซลลูโลส (CMC) และเจลาติน (ร้อยละ 0 10 20 30 และ 40 โดยน้ำหนัก) และความชื้นสัมพัทธ์ (ร้อยละ 34 และ 54) ที่มีต่อสมบัติของฟิล์ม พบว่า ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่ผสม CMC หรือเจลาตินร้อยละ 30 มีความแข็งแรงมากกว่าและมีการยืดตัว ณ จุดขาดที่เหมาะสมกว่าอัตราส่วนอื่น ๆ จากนั้นจึงเติมสารต้านอนุมูลอิสระ (quercetin และ tertiary butylhydroquinone, TBHQ) ที่ปริมาณต่าง ๆ (0 50 100 และ 200 มิลลิกรัมต่อ 200 มิลลิลิตรของสารละลายฟิล์ม) ลงในฟิล์มแป้ง CMC และฟิล์มแป้งเจลาติน และศึกษาสมบัติของฟิล์มที่ได้ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณ quercetin และ TBHQ จะทำให้ความต้านทานแรงดึงของฟิล์มเพิ่มขึ้น แต่ทำให้การยืดตัวลดลง โดยฟิล์มผสมที่เติม quercetin มีความต้านทานแรงดึงมากกว่า แต่ยืดตัวน้อยกว่าฟิล์มผสมที่เติม TBHQ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างผักพื้นบ้านภาคใต้

เก็บตัวอย่างผักพื้นบ้านภาคใต้ที่นิยมนำมารับประทานสดจากสถานที่ต่างๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดพัทลุง โดยเลือกจากความแตกต่างของส่วนของผักที่นำมารับประทาน คือ ดอก ใบ เหง้า ผลและเมล็ด นำผักมาล้างทำความสะอาด ผึ่งลมให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนัก เก็บตัวอย่างไปวิเคราะห์หาความชื้นเริ่มต้นด้วยเครื่องวัดความชื้นแบบอินฟาเรด (IR Moisture Determination Balance) จากนั้นนำมาตัดแต่งเพื่อเอาเฉพาะส่วนที่ใช้รับประทานไปอบด้วยเครื่องทำแห้งแบบถาด (tray dryers) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนมีความชื้นไม่เกินร้อยละ 10 จากนั้นจึงนำไปบดและร่อนด้วยตะแกรง (sieve) ที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.25 มิลลิเมตร แล้วเก็บตัวอย่างผงไว้ในถุงเมทัลไลซ์ (metalize) ที่อุณหภูมิห้อง

2. การสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้

ชั่งตัวอย่างผักที่ผ่านการอบแห้งและบดเป็นผง (จากข้อ 1) มา 5 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมเอทานอลที่ความเข้มข้นร้อยละ 40 โดยปริมาตร ลงไป 150 มิลลิลิตร (สัดส่วนตัวอย่างต่อปริมาตรตัวทำละลายเป็น 1:50 กรัมต่อมิลลิลิตร) นำไปสกัดสารฟีนอลิกในเครื่องอัลตร้าโซนิก (VGT-1860QTD กำลัง 150 วัตต์ 40 กิโลเฮิรตซ์) ดังภาพที่ 12 โดยตั้งค่าอุณหภูมิของเครื่องที่ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 25 นาที แล้วนำตัวอย่างสารละลายที่ได้ไปแยกส่วนใสกับตะกอนออกโดยการกรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 และใช้ปั๊มดูดอากาศเพื่อช่วยในการกรอง เก็บส่วนใสที่ได้ใส่ไว้ในขวดสีชาแล้วแช่ตู้เย็น (4 องศาเซลเซียส) เพื่อรอการวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในขั้นตอนต่อไป

ภาพที่ 12 การสกัดสารฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้ด้วยเทคนิคอัลตร้าซาวด์เสริม

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในผักพื้นบ้านภาคใต้

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัดจากผักพื้นบ้านภาคใต้ด้วยวิธี Folin-Ciocalteu method (ดัดแปลงจาก Yingngam *et al*., 2014) โดยนำสารสกัดที่เก็บไว้ในตู้เย็นมาเจือจางด้วยน้ำ

กลั่นจนมีความความเข้มข้นที่เหมาะสม นำมา 0.2 มิลลิลิตร เติมน้ำ 2.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี และเติมสารโฟลิน (Folin-Ciocalteu Reagent) ที่ผ่านการเจือจางด้วยน้ำร้อยละ 10 โดยปริมาตร ลงไป 0.2 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดีแล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 7.5 น้ำหนักต่อปริมาตร ลงไป 2.0 มิลลิลิตร เขย่าแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 90 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร และเทียบหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกจากกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิกที่ความเข้มข้น 0 – 200 มิลลิกรัมต่อลิตร

2.2 การวิเคราะห์กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้านภาคใต้

วิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักพื้นบ้านภาคใต้ด้วยวิธี DPPH free radical scavenging activity assay (ดัดแปลงจาก Yingngam *et al*., 2014) โดยนำสารสกัดที่ผ่านการเจือจางด้วยน้ำกลั่นจนมีความความเข้มข้นที่เหมาะสมมา 0.3 มิลลิลิตร เติม DPPH ที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ลงไป 1.5 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันดี เก็บไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 40 นาที จากนั้นจึงนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วนำค่าที่ได้มาคำนวณร้อยละของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ดังสมการ

$$Inhibition\,(\%) = \left[\frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \right] \times 100$$

โดยที่

A_0 = ethanol 0.3 mL + DPPH 1.5 mL

A_1 = sample 0.3 mL + DPPH 1.5 mL

A_2 = sample 0.3 mL + ethanol 1.5 mL

นำค่าร้อยละของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (% Inhibition) ของสารสกัดไปคำนวณค่าความเข้มข้นที่เทียบเท่ากับกรดแอสคอร์บิก (ดัดแปลงจาก Tangkanakul *et al*., 2006) แล้วรายงานในรูปของ mg vitamin C/g DW โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานร้อยละของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของกรดแอสคอร์บิก ซึ่งเป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างร้อยละของกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ (Y) กับ ความเข้มข้นของกรดแอสคอบิก (x) ดังภาคผนวก ก

3. การศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้

เปรียบเทียบผลของการเติมสารสกัดฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้กับสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ (BHA และ BHT) ต่อการยับยั้งการหืนของน้ำมันปาล์ม โดยทำการสกัดสารฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้ด้วยสภาวะการสกัดที่ได้จากข้อ 2 จากนั้นจึงนำมาระเหยเอทานอลออกด้วยเครื่องระเหย

สุญญากาศ ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส ความดัน 100-150 mmHg แล้วนำไปทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง (freeze dry) ชั่งน้ำหนักน้ำมันปาล์ม 50 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 125 มิลลิลิตร เติมสารสกัดจากผักพื้นบ้านและสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ ที่ระดับ 0.02% และ 0.1% ของน้ำหนักน้ำมัน โดยการชั่งน้ำหนักแล้วนำมาละลายด้วยเอทานอล (99%) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ก่อนที่จะเติมลงในน้ำมัน ส่วนในชุดการทดลองควบคุมจะเติมเฉพาะเอทานอล 1 มิลลิลิตร จากนั้นนำน้ำมันไปเก็บในตู้อบ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 วัน เก็บตัวอย่างน้ำมันในวันที่ 3, 6, 9, 12 และ 15 เพื่อนำมาวิเคราะห์ค่า PV และค่า TBARS

4. การศึกษาการเติมสารสกัดจากผักพื้นบ้านภาคใต้ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง

ทำการสกัดสารฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้ตามสภาวะการสกัดที่เหมาะสมตามข้อ 2 และสารสกัดฟีนอลิกที่ผ่านการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งจากข้อ 3 มาเติมลงในฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง โดย**การ**ชั่งน้ำหนักของแป้งมันสำปะหลัง 5 กรัม เติมกลีเซอรอล 1.5 มิลลิลิตร (ร้อยละ 30 ของน้ำหนักแป้ง) และน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร ปั่นผสมให้เข้ากันด้วยแท่งแม่เหล็กบนเตาให้ความร้อน (HARMONY รุ่น HTS-1003) วัดอุณหภูมิน้ำแป้งด้วยเทอร์โมมิเตอร์ จนมีอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปั่นผสมต่อไปเป็นเวลา 15 นาที ปั่นต่อจนอุณหภูมิลดลงเหลือที่ 50-60 องศาเซลเซียส โดยเติมสารสกัดจากผักพื้นบ้านในช่วงนี้ จากนั้นจึงนำมาเทลงในเบ้าซึ่งเป็นจานเลี้ยงเชื้อพลาสติกขนาด 99 × 15 มิลลิเมตร โดยชั่งน้ำหนักน้ำแป้งที่เทให้มีน้ำหนัก 15 กรัม นำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง จากนั้นจึงนำฟิล์มที่ได้มาวิเคราะห์ปริมาณสารฟีนอลิกและความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH รวมทั้งวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของฟิล์ม ได้แก่ ค่าสี ความโปร่งใส (Transmission) ความต้านทานแรงดึง (Tensile strength) และแรงยืดเมื่อขาด (% Elongation at break)

5. การวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวนของข้อมูล (Analysis of Variance; ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองด้วยวิธี Duncan Multiple-Range Test (Duncan) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ด้วยโปรแกรม SPSS Statistics 17.0

ผลการวิจัยและวิจารณ์

1. ศึกษาการสกัดด้วยอัลตร้าซาวด์เสริมในผักพื้นบ้านภาคใต้ต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาผักพื้นบ้าน 9 ชนิด (ยอดมะม่วงหิมพานต์ ใบมันปู ขมิ้น ข่า สะตอ ลูกนาง ดอกแค ดอกขี้เหล็กและลูกฉิ่ง) ด้วยอัลตร้าซาวด์เสริม พบว่า สารสกัดจากยอดมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุด โดยมีในปริมาณเท่ากับ 281.98 ± 0.76 มิลลิกรัมเทียบเท่ากรดแกลลิก/กรัม น้ำหนักแห้ง และ 723.91 ± 8.01 มิลลิกรัม วิตามินซี/กรัม น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ รองลงมาคือ ใบมันปู ลูกฉิ่ง ดอกขี้เหล็ก ขมิ้น ดอกแค สะตอ ข่าและลูกนาง (สุภาษิต, 2558)

2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้านภาคใต้

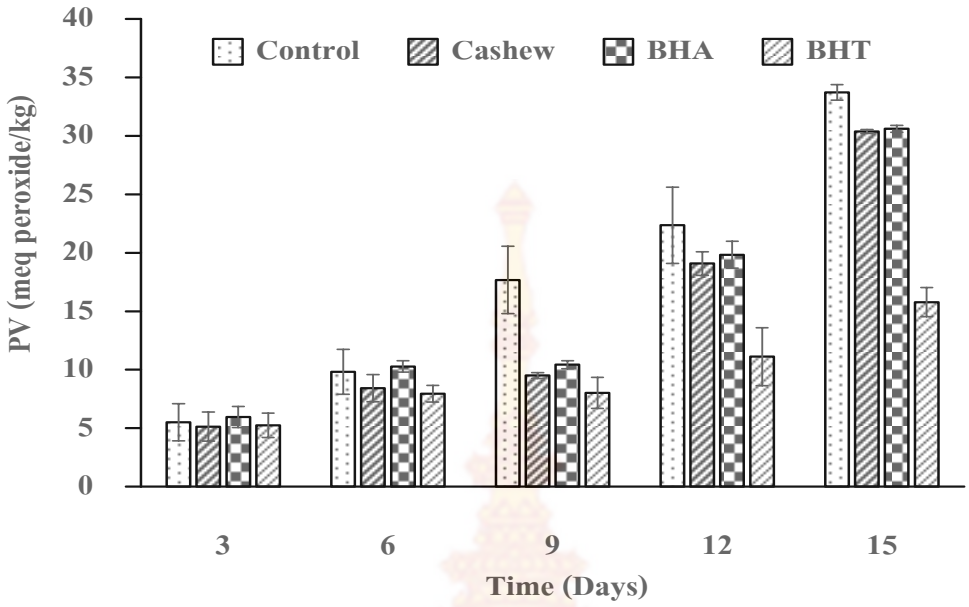
การศึกษาการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากยอดมะม่วงหิมพานต์ (ความเข้มข้นของเอทานอล (ร้อยละ 40 60 และ 80 โดยปริมาตร) สัดส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย (1:10, 1:30 และ 1:50 กรัมต่อมิลลิลิตร) และเวลาที่ใช้ในการสกัด (15, 25 และ 35 นาที) พบว่า ความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 40 โดยปริมาตร สัดส่วนตัวอย่างต่อสารละลายเอทานอล 1:50 กรัมต่อมิลลิลิตร และเวลาที่ใช้สกัด 25 นาที จะให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด คือ 270.58 ± 0.93 มิลลิกรัมเทียบเท่ากรดแกลลิก/กรัม น้ำหนักแห้ง (สุภาษิต, 2558)

3.ศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของสารสกัดฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้ในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์

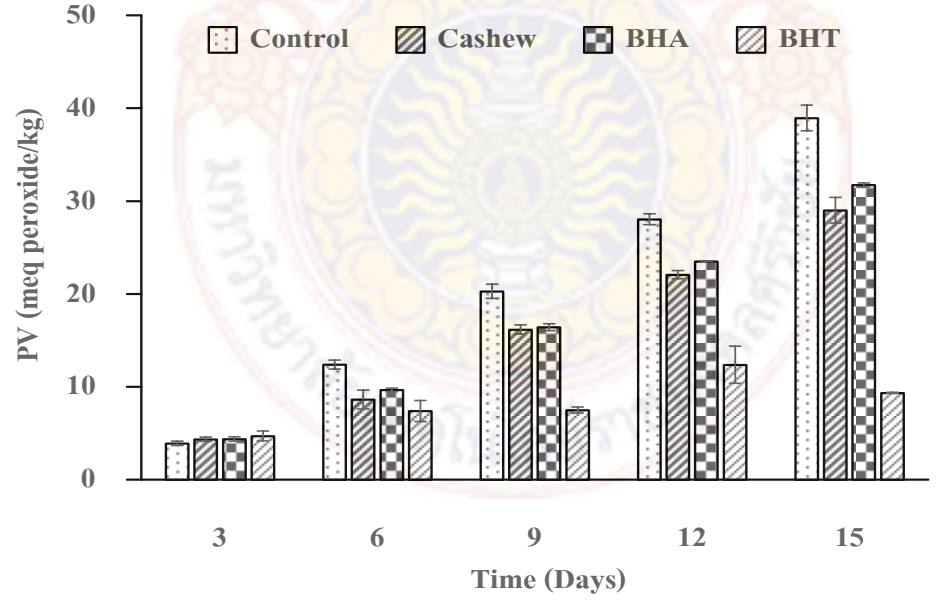
จากการเก็บรักษาน้ำมันปาล์มภายใต้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสและมีการสัมผัสกับอากาศ ภายในตู้อบ เพื่อศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ต่อการยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมัน ซึ่งหากน้ำมันเกิดการออกซิเดชันจะทำให้เกิดกลิ่นหืนและอาจเกิดสารอันตรายอื่นๆ ทำให้ไม่เหมาะสมต่อการนำมาบริโภค โดยศึกษาจากผลิตภัณฑ์ 2 ค่า คือ เพอร์ออกไซด์ (Peroxide) และอัลดีไฮด์ (aldehyde) เพื่อใช้ดัชนีบ่งบอกถึงความเหมาะสมของการนำสารสกัดมาใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต

3.1 ผลการวิเคราะห์ค่า PV

จากการเปรียบเทียบความสามารถในการยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มที่ผ่านการเก็บรักษาในสภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ด้วยสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์กับสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ โดยพิจารณาจากค่าเพอร์ออกไซด์ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงการหืนของน้ำมันจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งหากน้ำมันมีค่าเพอร์ออกไซด์สูงแสดงว่าเกิดการออกซิเดชันมาก จากการทดลองพบว่า สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิดสามารถละลายได้บางส่วนในเอทานอล (99%) โดยมีบางส่วนที่แขวนลอยอยู่และยังคงแขวนลอยอยู่เช่นเดิมเมื่อเติมลงในน้ำมันปาล์ม โดยสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดเพอร์ออกไซด์ที่เทียบเท่าได้กับสาร BHA ที่ระดับของการเติมสารที่ 0.02% ของน้ำหนักน้ำมัน ดังแสดงในภาพที่ 13 เนื่องจากตัวอย่างน้ำมันในชุดการทดลองทั้งสองมีค่าเพอร์ออกไซด์ที่ใกล้เคียงกัน ทั้งนี้โดยภาพรวมของทุกช่วงเวลาที่ทำการเก็บตัวอย่างพบว่าชุดการทดลองที่เติม BHT จะมีค่าเพอร์ออกไซด์ต่ำที่สุด และเมื่อสิ้นสุดการทดลองในวันที่ 15 พบว่า ค่าเพอร์ออกไซด์ของชุดควบคุม ชุดการทดลองที่เติม BHA ชุดการทดลองที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ และชุดการทดลองที่เติม BHT มีค่าเท่ากับ 33.71±0.67, 30.37±0.16, 30.61±0.33 และ 15.78±1.25 ตามลำดับ และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารยับยั้งการเกิดออกซิเดชันให้สูงขึ้นที่ระดับ 0.1% (ภาพที่ 14) พบว่า ชุดการทดลองที่เติม BHT มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดเพอร์ออกไซด์ได้ดีที่สุด รองลงมาคือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ BHA และชุดควบคุม โดยค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันในวันที่ 15 มีค่าเป็น 9.36±0.04, 29.02±1.39, 31.74±0.21 และ 38.95±1.38 ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาของ Chong *et al.* (2015) พบว่าการใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุดในน้ำมันดอกทานตะวันในสภาวะเร่งมีค่าเพอร์ออกไซด์อยู่ในช่วง 14.04 – 44.89 meq/kg โดยค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันในวันที่ 24 มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดเพอร์ออกไซด์ดังนี้ BHA > α - tocopherol > สารสกัดเปลือกมังคุด (200 ppm) > สารสกัดเปลือกมังคุด (100 ppm) > ชุดควบคุม



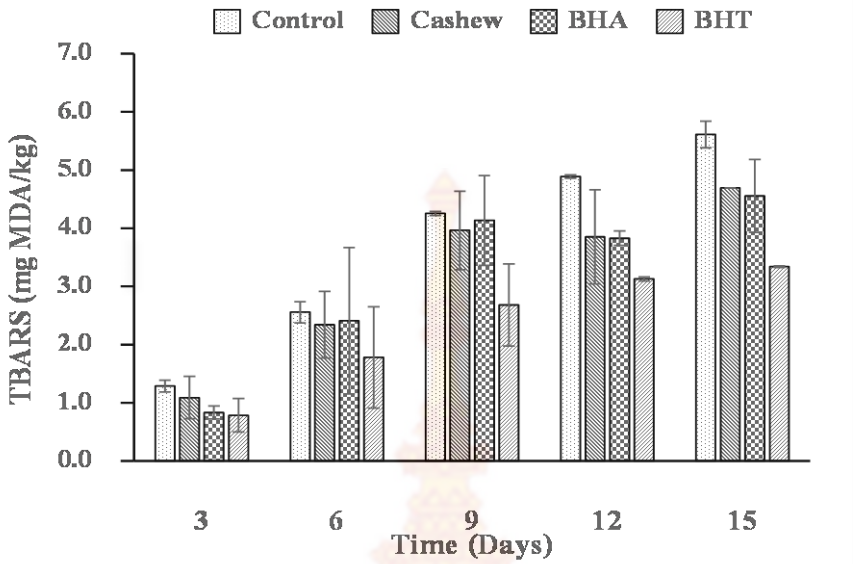
ภาพที่ 13 ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.02% ต่อน้ำหนัก ต่อค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มโอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ , BHA คือ 3-tert-Butyl-4-hydroxyanisole, BHT คือ 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol



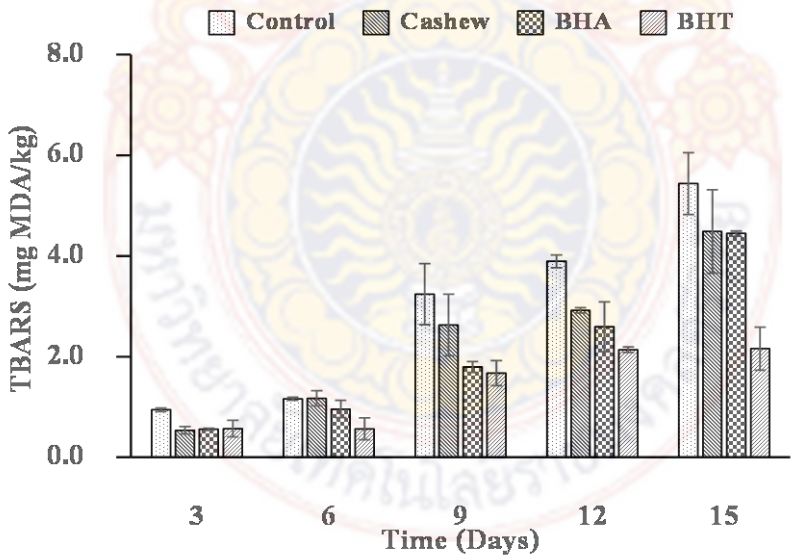
ภาพที่ 14 ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.1% ต่อน้ำหนัก ต่อค่าเพอร์ออกไซด์ของน้ำมันปาล์มโอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ , BHA คือ 3-tert-Butyl-4-hydroxyanisole, BHT คือ 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol

3.2 ผลการวิเคราะห์ค่า TBARS

จากศึกษาผลของการเติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ในน้ำมันปาล์มที่เก็บรักษาภายใต้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ต่อการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันเปรียบเทียบกับสารต้านออกซิเดชันสังเคราะห์ โดยพิจารณาจากค่า TBARS ซึ่งเป็นค่าที่บ่งบอกถึงผลิตภัณฑ์จากการเกิดออกซิเดชันอีกชนิดหนึ่งที่เกิดขึ้นต่อจากการเกิดอนุมูลเพอร์ออกไซด์ พบว่า ค่า TBARS มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาที่เก็บโดยมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่เก็บนานขึ้น โดยที่ผลการทดลองการเติมสารยับยั้งที่ระดับ 0.02% ดังแสดงในภาพที่ 15 และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารยับยั้งไปที่ระดับ 0.1% ดังภาพที่ 16 พบว่า ในวันที่ 3, 6, 9, 12 และ 15 ชุดการทดลองที่เติมสาร BHT จะมีค่า TBARS ที่ต่ำที่สุดและชุดการทดลองที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์จะมีค่า TBARS ใกล้เคียงกับชุดการทดลองที่เติม BHA เมื่อสิ้นสุดการทดลอง พบว่า ค่า TBARS ของชุดการทดลองที่เติม ชุดควบคุม สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ BHA และ BHT มีค่าเป็น 5.44±02, 4.49±0.83, 4.45±0.05 และ 2.16±0.43 ตามลำดับ จากผลการทดลองจึงอาจกล่าวได้ว่าสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของน้ำมันปาล์มได้หากใช้ในรูปแบบและระดับที่เหมาะสม การศึกษาของ Chong *et al.* (2015) พบว่า การใช้สารสกัดจากเปลือกมังคุดในน้ำมันดอกทานตะวันในสภาวะเร่งมีค่า TBARS ของน้ำมันในวันที่ 24 ที่เติมสารสกัดเปลือกมังคุด (200 ppm), BHA และ α - tocopherol มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชันของน้ำมัน



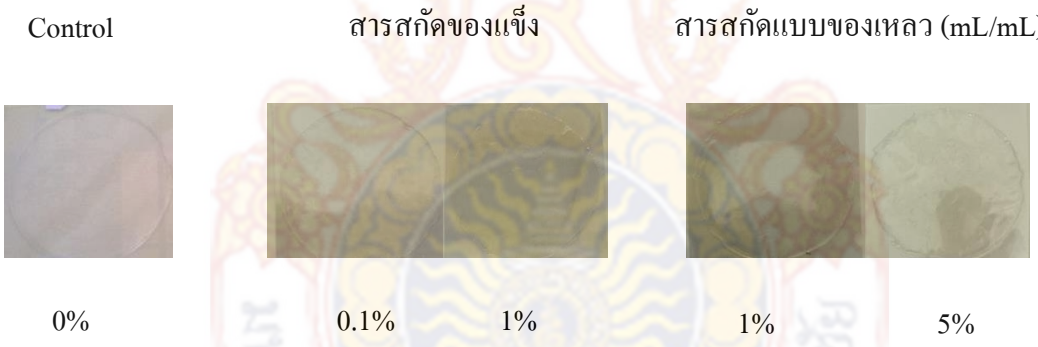
ภาพที่ 15 ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.02% ต่อน้ำหนัก ต่อค่า TBARS ของน้ำมันปาล์มโอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ , BHA คือ 3-tert-Butyl-4-hydroxyanisole, BHT คือ 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol



ภาพที่ 16 ผลของการเติมสารต้านออกซิเดชันที่ระดับ 0.1% ต่อน้ำหนัก ต่อค่า TBARS ของน้ำมันปาล์มโอเลอีนซึ่งผ่านการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส: Control คือ ชุดควบคุม, Cashew คือ สารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ , BHA คือ 3-tert-Butyl-4-hydroxyanisole, BHT คือ 2,6-Di-tert-butyl-4-methylphenol

4. **ศึกษาการเติมสารสกัดจากผักพื้นบ้านภาคใต้ในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเชิงรุก**

จากการนำแป้งมันสำปะหลังผสมกับกลีเซอรอล (ร้อยละ 30 ของแป้ง) ต้มจนได้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 15 นาที จะเกิดการเจลาติไนซ์ของแป้งซึ่งมีลักษณะเหนียวหนืด ใส สอดคล้องกับงานวิจัยของกษิดิศ (2553) ที่กล่าวว่า แป้งมันสำปะหลังเมื่อได้รับความร้อนจะเกิดเจลลาติไนซ์ จนเป็นสารละลายที่มีความหนืดใส ฟิล์มที่ได้จึงใส มันวาวและเรียบทั้งสองด้านยืดหยุ่นและนุ่ม เมื่อเติมพลาสติกไซเซอร์ทำให้ฟิล์มอ่อนตัวลง เพราะแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลของพอลิเมอร์ที่อยู่ใกล้กันอ่อนแอลง จากนั้นต้มต่ออีก 15 นาที เมื่อครบกำหนดตั้งให้อุณหภูมิลดลง ที่ 60 องศาเซลเซียส แล้วเติมสารสกัดฟีนอลิกจากใบมะม่วงหิมพานต์ในรูปแบบสารสกัดของแข็งร้อยละ 0.1 และ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (mg/mL) และเติมในรูปแบบสารสกัดของเหลว ร้อยละ 1 และ 5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร (mL/mL) คนให้เข้ากัน นำไปไล่ฟองอากาศด้วยเครื่องอัลตราโซนิก ขึ้นรูปแผ่นฟิล์มด้วยเบ้าทรงกลมขนาด 99 × 15 มิลลิเมตร (เพลทพลาสติก) โดยเทน้ำแป้งปริมาณ 15 กรัม (ร้อยละ 20 ของเบ้า หากมีฟองอากาศขนาดใหญ่หลังเทน้ำแป้งจะทำการดูดฟองอากาศออกโดยใช้หลอดฉีดยาขนาดเล็ก) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 36 ชั่วโมง จะได้ฟิล์มต้านออกซิเดชันจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ดังภาพที่ 17



ภาพที่ 17 ฟิล์มต้านออกซิเดชันจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์

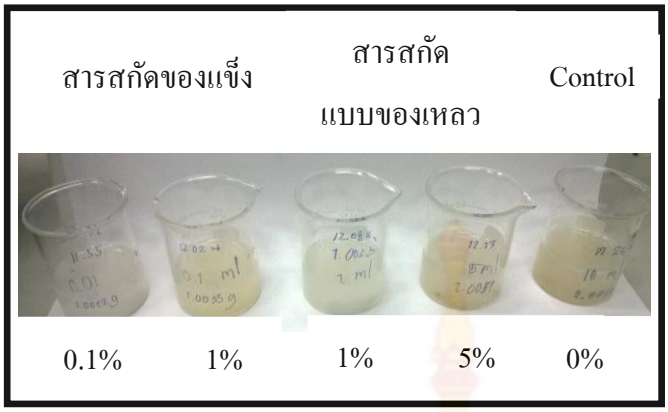
จากการสังเกตลักษณะปรากฏของฟิล์มที่ผลิตได้ พบว่า ฟิล์มที่เติมสารสกัดจะมีสีเข้มขึ้นกว่าฟิล์มปกติและเนื้อสัมผัสจะไม่เรียบโดยเฉพาะชุดการทดลองที่เติมสารสกัดผงที่ผ่านการทำแห้งแบบระเหิด ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ลักษณะปรากฏของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ในรูปแบบสารสกัดของแข็ง (freeze dry)และของเหลว (crude extract)

สารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์ (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ
0	เป็นแผ่นเรียบ สีใส
สารสกัดแบบของแข็งโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (mg/mL)	
0.1	เป็นแผ่นเรียบ สีเหลืองอ่อนใส ลื่นมือ มีฟองอากาศเล็กๆ กระจายบนบางส่วน
1	เป็นแผ่นเรียบ สีเหลืองใสและมองเห็นผงของสารสกัดผสมอยู่ในเนื้อฟิล์ม ลื่นมือ มีฟองอากาศเล็กๆ กระจายบนบางส่วน
สารสกัดแบบของเหลวโดยปริมาตรต่อปริมาตร (mL/mL)	
1	เป็นแผ่นเรียบ สีเหลืองอ่อนใส ลื่นมือ มีฟองอากาศเล็กๆ กระจายบนบางส่วน
5	เป็นแผ่นเรียบ สีเหลืองใส ลื่นมือ มีฟองอากาศเล็กๆ กระจายบนบางส่วน

4.1 คุณลักษณะทางเคมีของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์

ฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ในรูปแบบสารสกัดของแข็ง (ผง) ร้อยละ 0, 0.1 และ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร และรูปแบบสารสกัดของเหลว ร้อยละ 1 และ 5 โดยปริมาตรต่อปริมาตร ตัดฟิล์มเป็นชิ้นเล็กให้ได้น้ำหนัก 1.00 กรัม ใส่น้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร วางทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 3 ชั่วโมง นำไปปั่นผสมให้เป็นเนื้อเดียวกัน (ภาพที่ 18) และนำไปหมุนเหวี่ยงที่ 6,000 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำมาดูดใส่หลอดพลาสติก (eppendrope) หลอดละ 1 มิลลิลิตร เติมเอทานอล (99%) จำนวน 1 มิลลิลิตร แล้วนำไปหมุนเหวี่ยงอีกครั้งที่ 6,000 rpm 10 นาที จากนั้นจึงนำสารละลายไปวิเคราะห์หาปริมาณสารฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ที่เหลืออยู่ในฟิล์ม ซึ่งปรากฏผลการทดลองดังตารางที่ 4



ภาพที่ 18 ตัวอย่างสารละลายฟิล์มที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ

ตารางที่ 4 ปริมาณสารฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์

ฟิล์มที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ (ร้อยละ)	ปริมาณฟีนอลิก เทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิก (mg GAE/g DW)	กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ เทียบกับกราฟมาตรฐานวิตามินซี (mg vitamin C/g DW)
0	0.00±0.00^{e}	0.00±0.00^{d}
สารสกัดแบบของแข็งโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (mg/mL)		
0.1	0.52±0.00^{d}	1.08±0.02^{c}
1	4.09±0.02^{a}	8.59±0.08^{a}
สารสกัดแบบของเหลวโดยปริมาตรต่อปริมาตร (mL/mL)		
1	0.75±0.01^{c}	1.30±0.03^{c}
5	2.83±0.03^{b}	6.09±0.20^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b,c,d,e ที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากตารางที่ 4 แสดงค่าการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลัง พบว่า การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อปริมาณของสารสกัดเพิ่มขึ้น แสดงให้เห็นว่าการเติมสารสกัดฟีนอลิกจากใบมะม่วงหิมพานต์เพิ่มขึ้นทำให้การต้านออกซิเดชันของฟิล์มเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรนุช

(2557) ที่กล่าวว่า ผงผักแขยงสดมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกมากกว่าผงผักแขยงแห้งโดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เท่ากับ 2.62±0.53 และ 1.11±0.32 กรัมกรดแกลลิกเปรียบเทียบต่อ 100 กรัมผงแห้งตามลำดับ และสอดคล้องกับการศึกษาของ Jiulin *et al*. (2015) พบว่า ฟิล์มเจลาตินที่เติมสารสกัดจากชาเขียวสามารถปรับปรุงฤทธิ์ในการต้านการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันได้เมื่อเปรียบเทียบกับฟิล์มที่ไม่เติมสารสกัดจากชาเขียว และมีฤทธิ์เพิ่มขึ้นตามปริมาณสารสกัดจากชาเขียวที่เพิ่มขึ้น ซึ่งในฟิล์มที่มีปริมาณสารสกัดสูงสุด 1% (ของแข็ง) และ 5% (ของเหลว) แสดงให้เห็นว่าการต้านอนุมูลอิสระจะสัมพันธ์กับปริมาณของสารต้านอนุมูลอิสระที่อยู่ในฟิล์ม

4.2 คุณลักษณะทางกายภาพของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์

การวัดค่า Tensile strength และ ค่า %Elongation at break ของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์แสดงดังตารางที่ 5 โดยจากการทดสอบค่า Tensile strength และ %Elongation at break ในการทดลองการผลิตฟิล์มต้านออกซิเดชันที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ในรูปแบบสารสกัดของแข็งและสารสกัดของเหลว โดยเปรียบเทียบกับค่า Tensile strength และ %Elongation at break ของตัวฟิล์มชุดควบคุม (0%) ที่ไม่ได้เติมสารสกัด ซึ่งค่าของสารสกัดแบบของแข็งร้อยละ 0.1 และ1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่า Tensile strength อยู่ที่ 1.52 และ 2.29 MPa ตามลำดับ ส่วนที่เติมแบบสารสกัดของเหลวร้อยละ 1 และ 5 โดยปริมาตรต่อปริมาตรมีค่า Tensile strength ที่สูงกว่าของฟิล์มชุดควบคุมเช่นกัน โดยมีค่าเท่ากับ 1.39 และ 0.72 MPa ตามลำดับ

ในส่วนของค่า %Elongation at break พบว่า สารสกัดที่เติมลงในสารละลายฟิล์มทำให้ฟิล์มมีค่า %Elongation at break ที่แตกต่างกัน ซึ่งสารสกัดแบบของแข็งที่เติมลงในฟิล์มร้อยละ 0.1 และ1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร มีค่า %Elongation at break เท่ากับ 86.67% และ 41.67% ส่วนสารสกัดแบบของเหลวร้อยละ 1 และ 5 ร้อยละโดยปริมาตร ทำให้ฟิล์มที่ได้มีค่า %Elongation at break เท่ากับ 103.33% และ 104.17% ซึ่งถือว่ามีค่า %Elongation at break ที่เหมาะสมในการนำมาผลิตฟิล์มยืดสำหรับห่ออาหาร ดังนั้นการใช้สารสกัดแบบของเหลวร้อยละ 1 โดยปริมาตร จะทำให้ได้ฟิล์มที่มีค่า Tensile strength และ %Elongation at break ที่เหมาะสมสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ต่อไป

ตารางที่ 5 ค่า Tensile strength และ % Elongation at break ของฟิล์มจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์

ฟิล์มที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ (ร้อยละ)	Tensile strength (MPa)	Elongation at break (%)
0	0.68±0.21^{c}	125.00±0.00^{a}
สารสกัดแบบของแข็งโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (mg/mL)		
0.1	1.52±0.06^{b}	86.67±7.07^{c}
1	2.29±0.14^{a}	41.67±2.36^{d}
สารสกัดแบบของเหลวโดยปริมาตรต่อปริมาตร (mL/mL)		
1	1.39±0.04^{b}	103.33±9.43^{bc}
5	0.72±0.63^{c}	104.17±8.25^{b}

หมายเหตุ :ตัวอักษร a,b,c,d ที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากการวัดค่าสีของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์แสดงดังตารางที่ 6 โดยค่า L* จะเป็นค่าความสว่าง ถ้าค่า L* มากแสดงว่าตัวอย่างสว่างมาก ส่วนค่า a* เป็นค่าของสีในช่วงสีเขียวถึงแดง ค่า b* เป็นค่าของสีในช่วงน้ำเงินถึงสีเหลือง

ตารางที่ 6 ค่าสีและความโปร่งใสของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์

ฟิล์มที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์ (ร้อยละ)	ค่าสี			Y Transmission (ร้อยละ)
	L*	a*	b*	
0	96.56±0.00^{a}	0.05±0.00^{a}	0.69±0.01^{c}	91.36±0.00^{a}
สารสกัดแบบของแข็งโดยน้ำหนักต่อปริมาตร (mg/mL)				
0.1	95.88±0.13^{b}	0.02±0.01^{ab}	1.17±0.01^{b}	89.71±0.33^{b}
1	95.10±0.05^{c}	(-0.53)±0.05^{c}	3.37±0.24^{a}	87.84±0.12^{c}
สารสกัดแบบของเหลวโดยปริมาตรต่อปริมาตร (mL/mL)				
1	96.32±0.02^{a}	(-0.03)±0.01^{b}	1.30±0.01^{b}	90.76±0.04^{a}
5	95.73±0.22^{b}	(-0.59)±0.01^{d}	3.57±0.04^{a}	89.35±0.53^{b}

หมายเหตุ : ตัวอักษร a,b,c,d ที่ต่างกันในคอลัมน์เดียวกัน แสดงถึงค่าที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$)

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าปริมาณสารสกัดฟีนอลิกจากใบมะม่วงหิมพานต์มีผลต่อค่าสี โดยที่ค่าความสว่างหรือค่า L* จะลดลงตามปริมาณสารฟีนอลิกที่เติมลงไป เนื่องจากสารฟีนอลิกจากใบมะม่วงหิมพานต์ เป็นสารที่มีสีออกเหลืองปนเขียว เมื่อเติมลงไปในปริมาณที่มากก็จะทำให้สีของฟิล์มมีการเปลี่ยนแปลงจากสีใสเป็นสีเหลืองปนเขียว ดังภาพที่ 17 และ 18 ส่วนค่า a* มีค่าลดลงและค่า b* จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามปริมาณสารฟีนอลิกที่เติมลงไป โดยค่าสีที่ได้ระบุถึงลักษณะสีของฟิล์มอยู่ในช่วงสีเขียวเหลื่อมออกเหลือง สอดคล้องกับการศึกษาของ Peng *et al*. (2013) ที่พบว่า การเติมสารสกัดจากชาเขียวลงในฟิล์มไคโตซานจะทำให้ค่า L* มีค่าลดลงและค่า a* กับ b* มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อพิจารณาค่าความใสของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัด พบว่า การเพิ่มปริมาณสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์จะทำให้ความใสของฟิล์มลดลง แสดงให้เห็นว่าสารฟีนอลิกที่ใส่ลงไปจะมีผลต่อค่าสีและความใสของฟิล์ม สอดคล้องกับการศึกษาของ Jiulin *et al*. (2015) ที่เปรียบเทียบระหว่างฟิล์มเจลาตินที่เติมและไม่เติมสารสกัดจากชาเขียว พบว่าฟิล์มที่เติมสารสกัดจากชาเขียวมีค่าการส่องผ่านน้อยกว่าชุดควบคุม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

สรุปผลการวิจัย

1.ใบมะม่วงหิมพานต์มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 281.98 mg GAE/g DW และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 723.91 mg vitamin C/g DW สูงสุดเปรียบเทียบกับผักพื้นบ้านชนิดอื่นๆ อีก 8 ชนิด (ใบมันปู ขมิ้น ข่า สะตอ ลูกนาง ดอกแค ดอกขี้เหล็กและลูกฉิ่ง)

2.สภาวะที่ใช้ในการสกัดสารประกอบฟีนอลิกจากใบมะม่วงหิมพานต์ด้วยอัลตร้าซาวด์เสริม คือ ความเข้มข้นเอทานอลร้อยละ 40 โดยปริมาตร เวลาสกัด 25 นาที และสัดส่วนของแข็งต่อตัวทำละลาย 1:50

3.สารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์มีความสามารถในการยับยั้งการเกิดออกซิเดชัน (PV และ TBARs) ในน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ได้ดีกว่าชุดควบคุม BHA แต่ด้อยกว่า BHT ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.02 และ 0.1 ในการเก็บรักษาที่สภาวะเร่งอุณหภูมิ 60ºC นาน 15 วัน

4.การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตฟิล์มแป้งมันสำปะหลังด้วยระเบียบวิธีพื้นผิวตอบสนอง (RSM) พบว่า สารละลายฟิล์ม 15 กรัม เวลาการอบ 36 ชั่วโมง และอุณหภูมิการอบ 50 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่เหมาะสมซึ่งมีค่าความต้านทานแรงดึงและค่าการยืดเมื่อขาดเท่ากับ 0.62 เมกะปาสคาล และร้อยละ 105.37 ตามลำดับ

5.ปริมาณฟีนอลิกและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระในฟิล์มแป้งมันสำปะหลังเพิ่มขึ้นกับการเพิ่มปริมาณสารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์ทั้งในรูปของแข็งและของเหลวเปรียบเทียบกับชุดควบคุม ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นและค่าการยืดเมื่อขาดลดลงตามปริมาณสารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์ทั้งในรูปของแข็งและของเหลวที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังส่งผลต่อค่า L*, a*, b* และ transparency ของฟิล์มแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดใบมะม่วงหิมพานต์ทั้งในรูปของแข็งและของเหลว

เอกสารอ้างอิง

กษิดิศ อิ่มประไพ อรพิน เกิดชูชื่น และณัฐา เลาหกุลจิตต์. 2553. การศึกษาคุณสมบัติทางกลและทางกายภาพของฟิล์มบริโภคได้จากแป้งข้าวเจ้าและแป้งมันสำปะหลัง. วิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/1) (พิเศษ): 609-612 น.

เกศศิณี ตระกูลทิวากร และจันทร์เพ็ญ ศักดิ์สิทธิ์พิทักษ์. 2543. ศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากผักพื้นบ้านไทย. วารสารอาหาร, 30(3): 43.

คณะทำงานรวบรวมความรู้เกี่ยวกับผักในโครงการหนูรักผักสีเขียว. 2540. มหัศจรรย์ผัก 108. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพฯ : มูลนิธิโตโยต้าประเทศไทย, 515 น.

จรัสรัตน์ ปานโคก อรพิน เกิดชูชื่น และ ณัฏฐา เลาหกุลจิตต์. 2556. ประสิทธิภาพในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากพืช 3 ชนิด. วารสารวิทย์เกษตร, 43(2)(พิเศษ): 381-384. คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ฉัตรทิพย์ กาศยปนันทน์ วจี ศรีสิทธิรักษ์ สร้อยเพชร บัวงาม อภิญญา ชีวะพันธ์ และสุภัทรา ลิลิตชาญ. 2557. การสกัดกรดฟีนอลิกจากกากรำข้าวด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิก. วารสารวิทย์เกษตร, 45(2)(พิเศษ): 397-400. คณะสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.

ณรงค์พันธุ์ รัตนปนัดดา. 2557. ผลของอุลตร้าโซนิคต่อการสกัดแอนโทไซยานินจากกระเจี๊ยบแดงด้วยวิธีพื้นผิวตอบสนอง. มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนดุสิต.

ดาริกา อวะภาค นพรัตน์ มะเห และดลฤดี พิชัยรัตน์. 2556. การหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด พอลิแซ็กคาไรด์จากสาหร่ายผมนางโดยใช้วิธีพื้นผิวตอบสนอง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 41(2): 414-430.

มาโนช วามานนท์ และ เพ็ญนภา ทรัพย์เจริญ. 2540. ผักพื้นบ้าน: ความหมายและภูมิปัญญาของ สามัญชนไทย. พิมพ์ครั้งที่ 2 กรุงเทพฯ : สำนักงานคณะกรรมการการสาธารณสุข 261 น.

มณฑนา วีระวัฒนากร. 2556. ปฏิกิริยาเคมีระหว่างโปรตีนและพอลีฟีนอลและผลต่อระบบชีวภาพของปฏิกิริยา. วารสารวิทย์บูรพา 18(1): 210-218. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ระวิวรรณ แก้วอมตวงศ์ และทรงพร จึงมั่นคง. 2549. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ DPPH และปริมาณสารฟีนอลรวมของสารสกัดพืชสมุนไพรไทยบางชนิด. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยอุบลราชธานีปีที่ 8 ฉบับที่ 2. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

นิดดา หงษ์วิวัฒน์. 2548. ผัก 333 ชนิด คุณค่าอาหารและการกิน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แสงแดด 320 น.

บุหลัน พันธุ์สวรรค์. 2556. อนุมูลอิสระ สารต้านอนุมูลอิสระ และวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปีที่ 21 ฉบับที่ 3 กรกฎาคม–กันยายน.

พรทิพย์ วิรัชวงศ์. 2547. อนุมูลอิสระ (Free radical) สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant). *เข้าถึงได้จาก* : http://www.gpo.or.th/rdi/html/antioxidant.html. สืบค้นเมื่อ 12 พฤษภาคม 2558.

พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล. 2549. Evaluation of Antioxidant Potential and Phenolic Constituen in Selected Thai Indigenous Plant Extracts. *ใน* ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมเกษตร ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์.

พูลทรัพย์ อินทร์สังข์ และรัชนี คงคาฉุยฉาย. 2552. ความหลากหลายของชนิด คุณค่าทางโภชนาการ และการใช้ประโยชน์ของผักพื้นบ้านบางชนิดซึ่งนิยมใช้ประกอบในอาหารแบบดั้งเดิมของคนในภาคใต้ของไทย. รายงานการวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.

วิชุดา กล้าเวช ฮายาตี เจ๊ะตาเห ศิญาพร เจ้ยทองศรี และปวีณา ดิกิจ. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและยับยั้งเอนไซม์แอลฟากลูโคซิเดสจากสารสกัดผักพื้นบ้านในจังหวัดพัทลุง. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

วิภาดา กันทยศ และยิ่งยง ไพสุขศานติวัฒนา. 2555. ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดและปริมาณเคอร์คูมินอยด์รวมในพืชสกุลขิงที่พบในประเทศไทย. ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิรงรอง ทองดีสุนทร และพรชัย ราชตนะพันธุ์. 2552. ผลของสารต้านอนุมูลอิสะที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มแป้งข้าวจ้าว/สตาร์ชมันสำปะหลัง. วิทยาศาสตร์เกษตร. 43: 252-258 น.

ศิรินทร สุวรรณรงค์. 2544. การศึกษาประสิทธิภาพการเป็นสารกันหืนของสารละลายโทโคเฟอรอลสกัดจากรำข้าว (*Oryza sativa*). วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุภายิต ชูกลิ่น. 2558. สภาวะที่เหมาะสมของการสกัดด้วยอัลตร้าซาวด์เสริมและศักยภาพการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจากผักพื้นบ้านภาคใต้ของไทย. รายงานวิจัย คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี พ.ศ. 2558.

Anklam, E., Gaglione, S., Muller, A. 1997. Oxidation behavior of vanillin in dairy products. Food Chemistry, 60: 43-51.

Ahvenainen, R. 2003. Active and intelligent packaging: Novel Food Packaging Techniques. CRC Press, New York, 5-21.

Botterweck, A.A.M., Verhagen, H., Goldbohm, R.A., Kleinjans, J., Van den Brant, P.A. 2000. Intake of butylated hudroxyanisole and butylated hydroxytoluene and stomach cancer risk: results from analyzes in the Netherlands cohort study. Food Chemistry and Toxicology, 38: 599-605.

Camel, V. 2000. Microwave-assisted solvent extraction of environmental samples, Trends in Analysis Chemistry, 19: 229-248.

Chemat, F., Tomao, V. and Virot, M. 2008. Ultrasound-assisted extraction in food analysis. Handbook of food analysis instruments, CRC press, USA, 85- 103.

Chen, C.H., Pearson, A.M. and Gray, J.I. 1992. Effects of synthetic antioxidants (BHA, BHT and PG) on the mutagenicity of IQ-like compounds. Food Chemistry, 43, 177-183.

Chanwitheesuk, A., Teerawutgulrag, A. and Rakariyatham, N. 2005. Screening of antioxidant activity and antioxidant compounds of some edible plants of Thailand. Food Chemistry, 92: 491-497.

Chotimarkon, C., Benjakul, S. and Silalai, N. 2008. Antioxidant components and properties of five long-grained rice bran extracts from commercial available cultivars in Thailand. Food Chemistry, 111: 636-841.

Chong, Y. M., Chang, S. K., Winne Sia, C. M. and Yim, H. S. 2015. Antioxidant efficacy of mangosteen (*Garcinia mangostana* Linn.) peel extracts in sunflower oil during accelerated storage. Food Bioscience 12: 18-25.

Cerruti, P., Santagata, G., Ayala, G.G., Ambrogi, V., Carfagna, C., Malinconico, M. and Persico, P. 2011. Effect of a nutural polyphenolic extract on the properties of a biodegradable starch-based polymer. Polymer Degradation and Stability, 96: 839-846.

Hamilton, R.J., Kalu, C., Prisk, E., Padley, F.B. and Pierce, H. 1997. Chemistry of free radicals in lipids. Food Chemistry, 60, 193-199.

Han, X., Shen, T. and Lou, H. 2007. Dietary polyphenols and their biological significance International. Journal of Molecular Sciences, 8: 950-988.

Jiulin, W., Hui, L. and Shangying, J. 2015. The preparation, characterization, antimicrobial stability and in vitro release evaluation of fish gelatin films incorporated with cinnamon essential oil nanoliposomes. Food Hydrocolloids. 43: 427-435.

Kongkachuichai, R., Charoensiri, R., Yakoh, K., Kringkasemsee, A. and Insung, P. 2015. Nutrients value and antioxidant content of indigenous vegetables from Southern Thailand. Food Chemistry, 173: 838-846.

Madhavi, D.L. and Salunkhe, D.K. 1997. Toxicological aspects of food antioxidant. Marcel Dekker, Inc., New York.

Manach C, Scalbert A, Morand C, Rémésy C and Jiménez L. 2004. Polyphenols:food sources and bioavailability. The Aamerican Journal of Clinical Nutrition, 79(5): 727-47.

Morales-Aizpurua, I.C. and Tenuta-Filho, A. 2005. Oxidation of cholesterol in mayonnaise during storage. Food Chemistry, 89: 611-615.

Peng Y., Wu Y., Lia Y. 2013. Development of tea extracts and chitosan composite films for active packaging materials. International Journal of Biological Macromolecules. 59: 282-2.

Rostagno, M.A., Palma, M. And Barroso, C.G. 2003. Ultrasound-assisted extraction of soy isoflavones. Journal of Chromatography A, 1012: 119-128.

Shen, Z., Palmer, M.V., Ting, S.T. and Faircloug, R.J. 1997. Pilot scale extraction and fractionation of rice bran oil using supercritical carbon dioxide. Journal of agricultural and food chemistry, 45: 4540-4544.

Silva, E.M., Rogez, H. and Larondelle, Y. 2007. Optimization of extraction of phenolics from Ingaedulis leaves using response surface methodology. Separation and Purification Technology, 55: 381-387.

Supasit Chooklin. 2013. Ultrasound-Assisted Extraction of Phenolic Compound From Brown Rice and Their Antioxidant Activities. Kasetsart Journal, 47: 864-873.

Tangkanakul, P., Trakoontivakorn, G., Auttaviboonkul, P., Niyomvit, B. and Wongkrajang, K. 2006. Antioxidant activity of northern and northeastern Thai foods containing indigenous vegetables. Kasetdart J. (Nat. Sci.) 40 (Suppl.): 47-58.

Wang, L., and Weller, C. L. 2006. Recent advances in extraction of nutraceuticals from plants. Trends in Food Science & Technology, 17 (6):300-312.

Yingngam B, Supaka N, Rungseevijitprapa W. 2003. Optimization of process conditions for phenolics extraction from Cratoxylum formosum ssp.formosum leaves using response surface methodology. Journal Food Science Technology, doi: 10.1007/s13197-013-1030-y.

Yingngam, B., Monschein, M. and Brantner, A. 2014. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compounds from Cratoxylum formosum ssp. Leaves using central composite design and evaluation of its protective ability against H2O2-induced cell death. Asian Pacific Journal of Tropical Medicine, 7 (Suppl 1): s497-s505.

Zigoneanu, I.G., Williams, L., Xu, Z. and Sabliov, C.M. 2008. Determination of antioxidant component in rice bran oil extracted by microwave-assisted method. Bioresource Technology, 99: 4910-4918.

http://www.kasetorganic.com/การปลูกมะม่วงหิมพานต์.html

http://www.kasetorganic.com/ต้นมันปู-ผักพื้นบ้านไทย.html

https://th.wikipedia.org/wiki/สะตอ

http://puechkaset.com/ข่า/

http://www.bansuanporpeang.com/node/17320

http://www.samunpri.com/ขี้เหล็ก-ช่วยให้นอนหลับ/

http://www.thaikasetsart.com/ข้อมูลของแค/

http://prayod.com/ขมิ้นชัน-turmeric/

https://www.gotoknow.org/posts/431391See

ภาคผนวก ก

วิธีการวิเคราะห์

1. การหาปริมาณสารฟีนอลิก

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกด้วยวิธี Folin-ciocalteu's phenol reagent (ดัดแปลงจาก Yingngam *et al*., 2014)

อุปกรณ์และสารเคมี

1. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
2. เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (spectrophotometer) รุ่น Libra S12
3. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
4. เอทานอลบริสุทธิ์ (absolute ethanol) 99.9%
5. กรดแกลลิก (gallic acid monohydrate) จากบริษัท Sigma-Aldrich
6. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)
7. สารโฟลิน (Folin-Ciocalteau reagent)

การเตรียมสารเคมี

1. สารโฟลินความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยปริมาตร (10% v/v Folin-Ciocalteau reagent) นำสารละลายโฟลินมาเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้มีความเข้มข้นเป็นร้อยละ 10 โดยปริมาตร เช่นใช้สารละลายโฟลิน 10 มิลลิลิตรผสมกับน้ำกลั่น 90 มิลลิลิตร เป็นต้น
2. สารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร (7.5% w/v) ชั่ง Na_2CO_3 anhydrous มา 75 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
3. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

   เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร โดยชั่งกรดแกลลิก 0.025 กรัม ละลายในเอทานอลบริสุทธิ์และปรับปริมาตรให้เป็น 25 มิลลิลิตรในขวดปรับปริมาตร จากนั้นนำสารละลายมาตรฐาน กรดแกลลิกเข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร มาเจือจางด้วยเอทานอลบริสุทธิ์ให้มีความเข้มข้นเป็น 0, 50, 100 และ 150 มิลลิกรัม/ลิตร

วิธีการทดลอง

Sample 0.2 mL

↓

Distilled water 2.5 mL

↓

10% Folin reagent 0.2 mL

↓

7.5% Na_2CO_3 2 mL

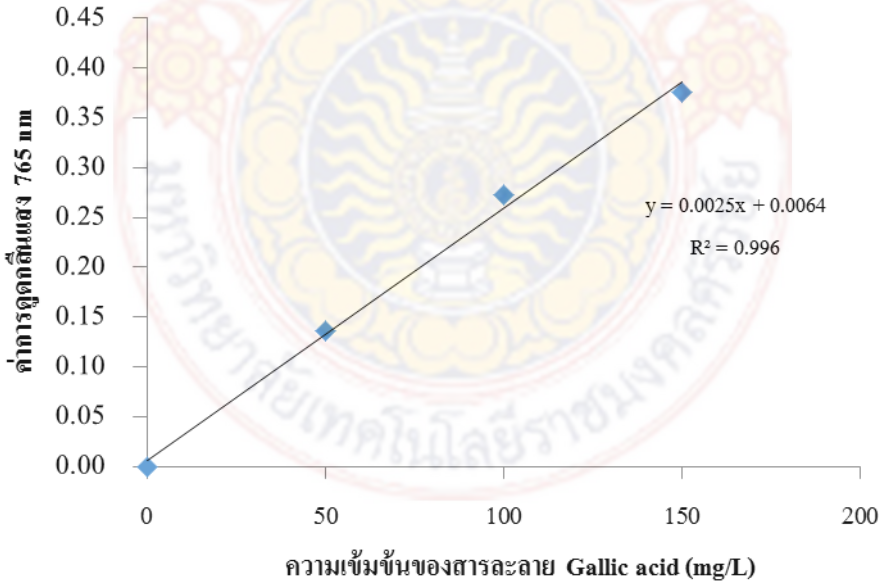
↓

Keep in the dark 90 minutes

↓

Measurement of absorbance with spectrophotometer at OD 765 nm

ภาพที่ 19 Folin-coagulant method



ภาพที่ 20 กราฟมาตรฐานกรดแกลลิกด้วยวิธี Folin-ciocalteu method

การคำนวณ ปริมาณสารฟีนอลิกในตัวอย่างสารสกัด

$$\text{mg GAE/g DW} = \left(\frac{OD765 - 0.0064}{slope}\right)\frac{dilution \times volume}{1000 \times W}$$

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างผักผง (g)

Slope คือ ความชันที่ได้จากกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ในที่นี้คือ 0.0025

Volume คือ ปริมาตรของสารสกัดทั้งหมด (ml)

Dilution คือ ค่าการเจือจางตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์

2. การวิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH

วิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (DPPH radical scavenging activity assay) ด้วยวิธีการทดลองที่ดัดแปลงจาก Yingngam *et al*. (2014)

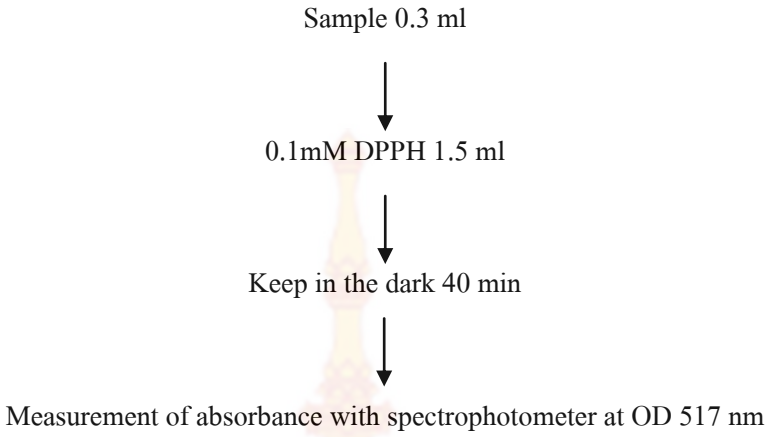
อุปกรณ์และสารเคมี

1. เอทานอลบริสุทธิ์
2. กรดแอสคอบิก (L-Ascorbic acid)
3. เครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Libra S12)
4. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)
5. อุปกรณ์เครื่องแก้ว
6. เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง

การเตรียมสารเคมี

1. สารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ (DPPH 0.1 mM) เตรียมโดยการชั่ง DPPH 0.0039 กรัม ละลายในเอทานอลบริสุทธิ์แล้วปรับปริมาตรเป็น 100 มิลลิลิตร
2. สารละลายมาตรฐานกรดแอสคอร์บิก ที่ความเข้มข้น 0 5 10 20 30 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร เตรียมโดยการชั่งกรดแอสคอบิก 0.025 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตรจะได้สารละลายที่มีความเข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร นำมาเจือจาง 10 เท่าเพื่อให้มีความเข้มข้นเป็น 100 มิลลิกรัมต่อลิตรจากนั้นจึงนำมาเจือจางจนได้ความเข้มข้นตามที่กำหนด (0-50 mg/L)

วิธีการทดลอง



ภาพที่ 21 DPPH radical scavenging activity assay

การคำนวณ

ร้อยละของการยับยั้ง (% Inhibition)

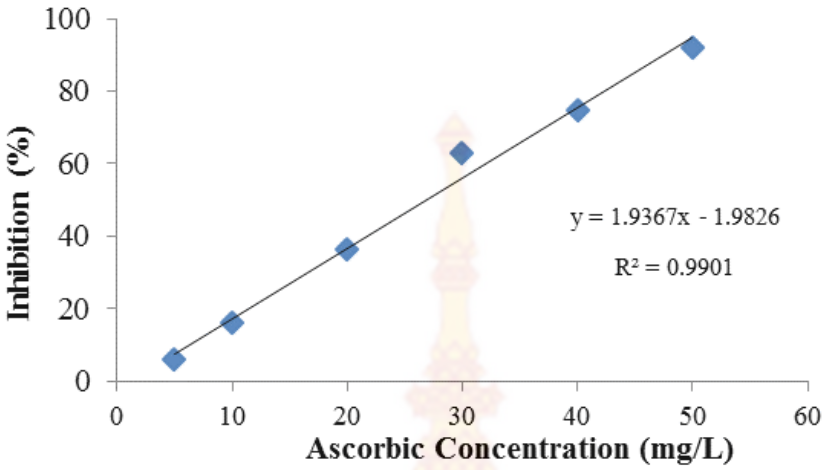
$$Inhibition\,(\%) = \left[\frac{A_0 - (A_1 - A_2)}{A_0} \right] \times 100$$

โดยที่

A_o = ethanol 0.3 mL + DPPH 1.5 mL

A_1 = sample 0.3 mL + DPPH 1.5 mL

A_2 = sample 0.3 mL + ethanol 1.5 mL



ภาพที่ 22 กราฟมาตรฐานความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของกรดแอสคอบิก

การคำนวณ

ค่ากิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เมื่อเทียบในรูปของกรดแอสคอบิก

$$\text{mg vitamin C/g DW} = \left(\frac{\%Inhibition + 1.9826}{slope}\right)\frac{dilution \times volume}{1000 \times W}$$

W คือ น้ำหนักของตัวอย่างผักผง (g)

Slope คือ ความชันที่ได้จากกราฟมาตรฐานกรดแอสคอบิก ในที่นี้คือ 1.9367

Volume คือ ปริมาตรของสารสกัดทั้งหมด (mL)

Dilution คือ ค่าการเจือจางตัวอย่างก่อนนำมาวิเคราะห์

3. การหาค่า PV

การเตรียมสารเคมี

1) 0.002 N $Na_2S_2O_3$ ชั่ง $Na_2S_2O_3.5H_2O$ มา 2.4817 g ละลายด้วยน้ำกลั่นแล้วปรับปริมาตรเป็น 100 ml จะได้ 0.1 N $Na_2S_2O_3$ จากนั้นจึงนำมาเจือจางให้เป็น 0.002 N โดยการนำ 0.1 N $Na_2S_2O_3$ มา 10 ml มาผสมกับน้ำกลั่น 490 ml จะได้ 0.002 N $Na_2S_2O_3$ ปริมาตร 500 ml เพื่อใช้ในการไตเตรต
2) น้ำแป้ง 1% เตรียมได้จากการนำ starch soluble มา 1 g ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 ml จากนั้นจึงนำไปต้มจนใสแล้วจึงใส่ขวดเก็บไว้ในตู้เย็น (เตรียมแล้วใช้ได้ประมาณ 1 เดือนหรือจนกว่าจะเสียสภาพ)
3) สารละลายอิ่มตัวของ KI นำผง KI มาละลายในน้ำกลั่นจนกว่าจะไม่ละลาย
4) สารละลายผสมของ acetic acid : chloroform ในสัดส่วน 3:2 โดยปริมาตร

วิธีการทดลอง

1. ชั่งน้ำหนักตัวอย่าง 1 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร (ใช้น้ำกลั่นเป็นแบลงก์)
2. เติมสารละลายอะซิติก-คลอโรฟอร์ม 25 มิลลิลิตร เขย่าให้ตัวอย่างละลาย
3. เติมสารละลายอิ่มตัวของ KI 1 มิลลิลิตร ปิดจุกพร้อมเขย่า แล้วตั้งทิ้งไว้ที่มืด 5 นาที
4. เติมน้ำกลั่น 75 มิลลิลิตร
5. ไตเตรทกับสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต พร้อมเขย่าอย่างแรงจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อนเติมน้ำแป้ง 2-3 หยด แล้วไตเตรทต่อไปจนสีน้ำเงินหมดไป
6. เตรียมไตเตรทแบลงก์เช่นเดียวกับตัวอย่าง
7. คำนวณค่าเพอร์ออกไซด์จากสูตร

$$P.V. = \frac{(a-b) \times N \times 1000}{W}$$

P.V. คือ ค่าเพอร์ออกไซด์ (peroxide value)

a คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทกับตัวอย่าง (ml)

b คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟตที่ใช้ไตเตรทกับแบลงก์ (ml)

N คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไทโอซัลเฟต (Normal)

W คือ น้ำหนักตัวอย่าง (g)

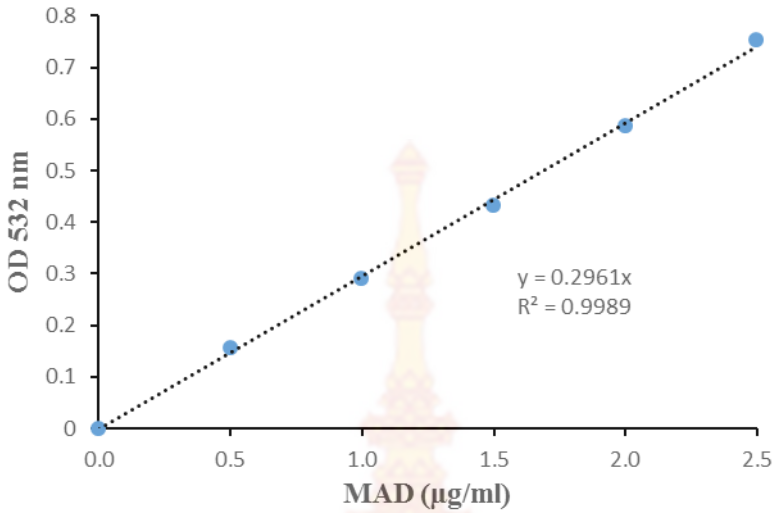
4. การหาค่า TBARS

การเตรียมสารเคมี

1) TBA-TCA solution (20 mM TBA in 15%TCA solution) เตรียมโดยเริ่มจากการนำ TCA (Trichloroacetic acid) มาละลายด้วยน้ำกลั่น 350 ml ใส่ในบิกเกอร์แล้วเติม TBA 1.01 g คนให้ละลายจนหมด (ใช้เวลานาน) แล้วนำไปเก็บไว้ในตู้เย็น
2) สารมาตรฐานของ Malonaldehyde (MDA) จาก 1,1,3,3-tetraethoxypropane (TEP)
    1. เตรียมสารละลาย 15%TCA ด้วยน้ำกลั่น
    2. ดูด TEP มา 11 ul นำมาละลายในสารละลาย 15%TCA 1.0 ml จะได้ 10,000 µg/ml TEP
    3. เจือจางต่อโดยการดูด 10,000 µg/ml TEP มา 0.5 ml นำมาผสมกับสารละลาย 15%TCA 49.5 ml จะได้ 100 µg/ml TEP (ทำในขวดปรับปริมาตรขนาด 50 ml)
    4. เจือจางต่อโดยการดูด 100 µg/ml TEP มา 2.5 ml เติมสารละลาย 15%TCA 22.5 ml จะได้ 10 µg/ml TEP ปริมาตร 25 ml
    5. นำ 10 µg/ml TEP มาเจือจางให้มีความเข้มข้น 0.5, 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 µg/ml

วิธีการทดลอง

1. ดูดตัวอย่างน้ำมัน 1 ml ใส่ในหลอดเซนตริฟิวส์ขนาด 10 ml (ใช้น้ำกลั่นเป็น Blank)
2. เติมสารละลาย TBA 2 ml
3. ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง Vortex
4. ต้มในน้ำเดือด 15 นาที
5. อังด้วยน้ำก๊อกไหลผ่าน 15 นาที
6. นำไปเซนตริฟิวส์ที่ 25° C ที่ 4,500 rpm เป็นเวลา 15 นาที
7. ใช้ปิเปต 1 ml ดูดน้ำมันส่วนบนออก จากนั้นจึงนำส่วนใสไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร แล้วนำค่าการดูดกลืนแสงไปเทียบกับกราฟมาตรฐาน MDA



ภาพที่ 23 กราฟมาตรฐานของมาโลนาลดีไฮด์ (malonaldehyde)

ภาคผนวก ข

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

Chooklin, S., Boonjan, A., Rodruayruean, D., Chiansong, W. and Sriwilai, S. 2016. Ultrasound-assisted extraction of phenolic compound from indigenous vegetables in southern Thailnad. 54th Kasetsart University Annual Conference, 2-5 Febuary, 2016, Kasetsart University, Bangkok, Thailand.

การุณ เระเบ็ญหมุด, จิรัสยา บุญมาก, เกษรา ทองบริบูรณ์และสุภาษิต ชูกลิ่น. 2559. การผลิตฟิล์มต้านออกซิเดชันจากแป้งมันสำปะหลังที่เติมสารสกัดจากใบมะม่วงหิมพานต์. การนำเสนอผลงานทางวิชาการระดับปริญญาบัณฑิตด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร ครั้งที่ 3, 30 – 31 มีนาคม 2559, มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์ จังหวัดนครศรีธรรมราช.

สุภาษิต ชูกลิ่น และฌานิกา แซ่แง่ ชูกลิ่น. 2560. สารสกัดผักพื้นบ้านภาคใต้ต่อความคงตัวน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ในสภาวะเร่ง. การนำเสนอผลงานทางวิชาการ ครั้งที่ 55, 31 มกราคม – 3 กุมภาพันธ์ 2560, มหาวิทยาลัยเกษตร กรุงเทพมหานคร.

Rehbenmood, K., Bunmark, J., Chiangsong, W. and Chooklin, S. 2018. Characterization of anti-oxidative cassava starch based film supplemented with *Anacardium occidentale* L. leaf extract. Walailak Journal, 15: Biological Science. (accepted).