

ชื่อเรื่องวิจัย	การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใน ผักแม้ว
ชื่อผู้วิจัย	นางสาววิไลพร ปองเพียร
คณะ	วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
ปีการศึกษา	2551

บทคัดย่อ

การศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดผักแม้ว จากส่วนต่าง ๆ คือ ใบ ยอดอ่อน ผล และราก ในการเก็บรักษาผักแม้วที่อุณหภูมิ 0 15 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ โดยใช้วิธีการเกิดปฏิกิริยาเบต้า-แคโรทีน และกรดลิโนเลอิก ผลการวิเคราะห์พบว่า การเก็บรักษาผักแม้วที่อุณหภูมิ 0 และ 15 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย และที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด แสดงให้เห็นว่ามีอุณหภูมิผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักแม้ว แต่ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในทุกสภาวะ

Research Title The Antioxidant Properties and Total Phenolic of Chayote
Name Wilaiporn Pongpian
Faculty Science and Technology
Rajabhat Phetchabun University
Year 2008

Abstract

The antioxidants activity of extracted from chayote (*Sechium edule* (Jacq.) Swartz.) were investigated. Different parts of the chayote including leaf, peak, fruit and root, during storage of chayote at 0, 15 and 25 °C for 2 weeks were compared, the assays using a model system consisting of β -carotene and linoleic acid. The results showed that chayote during storage at 0 and 15 °C factors affecting antioxidant activity change of the dependent variable slightly decreased when the storing temperatures at 25 °C of the dependent variable increased, this shows that the temperatures affecting antioxidant activity change of chayote. However the temperatures no effect of the total phenolic content at all condition.

ประกาศคุณูปการ

งานวิจัย เรื่อง การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิก
ทั้งหมดในผักแม้ว สำเร็จลุล่วงด้วยดี เพราะผู้วิจัยได้รับความช่วยเหลือจากบุคคลหลายฝ่าย ทั้งที่ให้
กำลังใจในการวิจัย และอำนวยความสะดวกด้าน อุปกรณ์ เครื่องมือ ที่ใช้ในการวิจัยพร้อมทั้ง
ได้จัดพิมพ์ และตรวจทานงานวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งได้รับการสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันวิจัยและ
พัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนงานวิจัย ดังนั้นจึงขอขอบคุณ มา ณ
โอกาสนี้

วิไลพร ปองเพียร
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
ประกาศ คุณูปการ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญรูป	จ
สารบัญตาราง	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1. ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
2. คำสำคัญ (key word) ของงานวิจัย	2
3. วัตถุประสงค์	2
4. ขอบเขตงานวิจัย	3
5. ระยะเวลาและสถานที่ทำการวิจัย	3
6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
1. พักแม่่ว	4
2. พักแม่่ว (ซาโยเต้) พืชเศรษฐกิจ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์	8
3. อนุมูลิสระ	9
4. สารต้านอนุมูลิสระ	10
5. สารประกอบฟีนอลิก	12
6. บทบาทของสารแอนติออกซิแดนท์ในการรักษาโรค	13
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	16
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	19
1. สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	19
2. วิธีการทดลอง	20
บทที่ 4 ผลการทดลอง	23
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	33

สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของฟักแม้ว	6
ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง EDTA กับโลหะไอออน	11
ภาพที่ 2.3 แสดงบริเวณตำแหน่งที่สามารถดักจับไอออนโลหะของเคอร์ซีทิน	13
ภาพที่ 4.1 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของใบฟักแม้ว	24
ภาพที่ 4.2 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของยอดอ่อนฟักแม้ว	24
ภาพที่ 4.3 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของผลฟักแม้ว	24
ภาพที่ 4.4 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของรากฟักแม้ว	25
ภาพที่ 4.5 กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก	26
ภาพที่ ผ.1 แสดงเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง	34
ภาพที่ ผ.2 แสดงเครื่องหมุนเหวี่ยง	34
ภาพที่ ผ.3 แสดงอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบแช่ยาได้	35
ภาพที่ ผ.4 แสดงเครื่องยูวี-วิสเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์	35

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการ (% หรือ มิลลิกรัม/100 มิลลิกรัม)	6
ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง	19
ตารางที่ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	19
ตารางที่ 3.3 ปริมาตรและสารต่าง ๆ ที่ใช้สำหรับการทำกราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลิก	22
ตารางที่ 4.1 ค่า Antioxidant activity (%) ของผักแม้วที่อุณหภูมิต่างๆ	23
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของใบผักแม้ว	26
ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของยอดอ่อนผักแม้ว	27
ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของผลผักแม้ว	27
ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของรากผักแม้ว	26

บทที่ 1

บทนำ

1. ความสำคัญและที่มาของการวิจัย

“ผักแว่น” หรือ “มะระหวาน” ผู้คนส่วนใหญ่รู้จักกันในชื่อของ “มะระหวาน” เพราะคนเรากันเคยแต่มะระ และรู้ว่ามะระนั้นขม ครั้นมาเจอผักผลลักษณะคล้ายมะระ คือผิวเปลือกขรุขระ มีร่องลึกตามแนวยาวรอบผล ภายในไม่มีไส้ เนื้อกรอบ มีรสหวาน จึงเรียกว่า มะระหวาน จนกระทั่งในปี พ.ศ. 2542-2543 ชาวเขาทางภาคเหนือได้นำออกมาจำหน่ายให้นักท่องเที่ยวมากขึ้น จากตรงนั้นจึงเป็นจุดเริ่มต้นของการเรียกชื่อผักผลชนิดนี้ว่า “ผักแว่น”

ผักแว่นเป็นพืชผักที่มีคุณค่าทางอาหารสูง ประกอบด้วย แคลเซียม วิตามินซี ฟอสฟอรัส เบต้าแคโรทีน และคาร์โบไฮเดรต คือให้ทั้งพลังงานและสารอาหาร คนไทยส่วนใหญ่นิยมบริโภค ใบและราก แต่ก็สามารถรับประทานลำต้น และเมล็ดได้ ปลูกเลี้ยงง่าย เป็นพืชไม้เถาเลื้อย มีลักษณะคล้ายเป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มของพืชตระกูลแตง แต่มีลักษณะหลายอย่างที่ไม่เหมือนพืชตระกูลแตงที่พบเห็นโดยทั่วไป ลักษณะลำต้น ใบ ยอด และมือจับ คล้ายแตงกวาผสมกับผักเขียว มีระบบรากสะสมขนาดใหญ่ ลำต้นเป็นเหลี่ยม เจริญเป็นเถา มีเถาแขนง 3-5 เถา มือเกาะเจริญที่ข้อ ใบมีขอบใบลักษณะเป็นเหลี่ยม 3-5 เหลี่ยม

ในส่วนยอดก็เช่นเดียวกับผักทั่วไป เช่น ต้มจืดน้ำพริก ต้มจืด แกงเลียง ลาบ ผัดกับหมู ผัดกับน้ำมันหอย กว๊ายเตี๋ยราดหน้า แต่ส่วนใหญ่จะนำมาผัดน้ำมันหอย ส่วนยอดนี้จะมีเบต้าแคโรทีนเนื่องจากมีสีเขียว และมีแคลเซียมสูงเช่นเดียวกัน แต่มีฟอสเฟตต่ำ กินแล้วฟันไม่ผุ เสริมสร้างกระดูก และฟันให้แข็งแรง นำใบมาใช้ดองยา มีคุณสมบัติช่วยขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจและหลอดเลือด แก้อักเสบ

ดอกสีขาวปนเขียว ดอกเกิดที่ข้อระหว่างต้นกับก้านใบเป็นชนิดดอกช่อ (Inflorescence) ส่วนดอกเป็นประเภทไม่สมบูรณ์เพศ (Imperfect flower)

ผลทรงกลมยาวสีเขียวอ่อน รูปร่างคล้ายลูกแพร์ มีขนาดความยาว 7-20 เซนติเมตร กว้าง 5-15 เซนติเมตร ผักแว่นเป็นประเภทผลเดี่ยว (Simple fruit) เนื้อของผลเจริญมาจากฐานรองดอกที่ขยายใหญ่ไปหุ้มเมล็ดไว้มีเมล็ดเพียงเมล็ดเดียว ในผลเหมือนกับมะม่วง มะปราง ซึ่งเป็นข้อแตกต่างของพืชตระกูลแตงที่เราพบเห็นโดยทั่วไป เนื้อมีรสหวาน รสชาติคล้ายมันฝรั่งปนแตงกวา สามารถรับประทานได้ทั้งเปลือก นำมาตำสับตำแทนมะละกอก็ได้ เพราะเนื้อหวานกรอบ และนำไปปรุงเป็นผักกับไข่ ต้มจืด แกงส้ม ลวก หรือต้มจืดกับน้ำพริก น้ำดื่มผล ใช้ในการรักษาอาการเส้นเลือดแข็งตัว ความดันโลหิตสูง และสลายนิ่วในไต

มะระหวาน มีถิ่นกำเนิดอยู่ในทวีปอเมริกากลาง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. เป็นไม้เถาเลื้อยตระกูล Cucurbitaceae มีญาติร่วมสายพันธุ์อย่าง แตงกวา แตงโม และฟักทอง ซึ่งกลางที่แพร่หลายทั่วไปคือ chayote แต่บางทีก็เรียก mirliton, vegetable pear, pipenella, mango squash เป็นต้น เริ่มแรกผู้บริโภครู้จักผลมะระหวาน เมื่อราว 3-4 ปีที่ผ่านมา ในเมืองไทยรับเอามะระหวานเข้าปลูกเมื่อใดไม่มีบันทึก ทราบเพียงแต่ว่าเป็นพืชปลูกตามบ้านของชาวเขา แถบดอยแม่สลอง จังหวัดเชียงราย ต่อมาได้แพร่ขยายมายังพื้นที่ราบตามจังหวัดต่างๆ ที่อยู่บนพื้นที่สูง อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ก็เป็นอีกแหล่งหนึ่งที่รับเอามะระหวานมาปลูกเพื่อจำหน่ายอย่างเป็นทางการเป็นลำเป็นต้น ด้วยสภาพอากาศหนาวเย็นและความอุดมสมบูรณ์ของดินภูเขาทำให้ที่นี่เป็นแหล่งปลูกสำคัญไม่แพ้ทางภาคเหนือ

ในปัจจุบันนี้ฟักแม้วจึงจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ ผู้ทำการวิจัยจึงสนใจที่จะนำส่วนต่าง ๆ ของฟักแม้วซึ่งสามารถรับประทานได้ ไม่ว่าจะเป็น ผล ใบ ราก ลำต้น และเมล็ด มาทำการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในฟักแม้ว เนื่องจากมีผู้ได้ทำการศึกษแล้วว่าฟักแม้วเป็นพืชที่มีคุณค่าทางสารอาหารมาก ไม่ว่าจะเป็น แคลเซียม วิตามินซี ฟอสฟอรัส เบต้า-แคโรทีน และคาร์โบไฮเดรต ซึ่งมีสารบางชนิดที่สามารถที่จะยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันในร่างกาย ที่เป็นสาเหตุของการเกิดอนุมูลอิสระ

2. คำสำคัญ (keywords) ของโครงการวิจัย

1. สารต้านอนุมูลอิสระ
2. สารประกอบฟีนอลิก
3. ฟักแม้ว

3. วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของฟักแม้ว
2. เพื่อวิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในฟักแม้ว
3. เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบการเป็นคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในส่วนต่าง ๆ ของฟักแม้ว

4. ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. ศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผักแม้ว
2. วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผักแม้ว
3. ตรวจสอบ เปรียบเทียบคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกของสารสกัด ในส่วนต่าง ๆ ของผักแม้ว

5. ระยะเวลาที่กำหนด

ระยะเวลา 9 เดือน ตั้งแต่ 27 ธันวาคม 2550 ถึง 30 กันยายน 2551 นับจากวันลงนามในสัญญาจ้าง

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแหล่งข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการเลือกบริโภคอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระ
2. ช่วยส่งเสริมให้พืชพื้นบ้านมีความสำคัญในทางเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมอาหาร ยา
3. ส่งเสริมการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรธรรมชาติ

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ฟักแม้ว (ชาโยเต้)

ฟักแม้วหรือชาโยเต *Sechium edule* (Jacq.) Swartz. หรือมีชื่อเรียกอย่างอื่นว่า มะเขือเครือ มะเขือนายก มะเขือแม้ว มะเขือฝรั่ง แดงกะเหรี่ยง มะระหวาน มะระญี่ปุ่น ฟักญี่ปุ่น และ ฟักแม้ว มีชื่อเรียกอื่นๆ แตกต่างกันตามท้องถิ่น ได้แก่

- ออสเตรเลีย (Australia): choko
- บราซิล (Brazil): chuchu
- จีน (China (Cantonese)): fut sao gwa
- จีน (China (Mandarin)): 佛手瓜 (lit. "Buddha hand squash")
- อังกฤษ (English-speaking countries): chouchou
- อังกฤษ (English-speaking countries): chocho, cho-cho
- อังกฤษ (English-speaking countries): mango squash
- อังกฤษ (English-speaking countries): vegetable pear
- อินเดีย (India) : vilati vanga
- อิตาลี (Italy) : zucca
- ลาตินอเมริกา (Latin America): tayote or tayota]
- ลาตินอเมริกา (Latin America) : chocho
- ลาตินอเมริกา (Latin America) : gayota
- นอร์เวย์ (Norway) : chavote
- ฟิลิปปินส์ (Philippines): sayote
- โปรตุเกส (Portugal) : pipinella
- รัสเซีย (Russian): cajot
- เวียดนาม (Vietnamese) : xu-xu, trai su

1.1 การจำแนกชั้นทางวิทยาศาสตร์

อาณาจักร :	<u>Plantae</u>
ส่วน :	<u>Magnoliophyta</u>
ชั้น :	<u>Magnoliopsida</u>
ตระกูล :	<u>Violales</u>
วงศ์ :	<u>Cucurbitaceae</u>
สกุล :	<u>Sechium</u>
สปีชีส์ :	<i>S. edule</i>

1.2 ถิ่นกำเนิด และการกระจายพันธุ์

มีถิ่นกำเนิดอยู่ทางตอนใต้ของประเทศเม็กซิโกและแถบอเมริกากลาง ปัจจุบันมีปลูกอยู่ทั่วโลก พบปลูกทั่วไปในพื้นที่สูง 500-1700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล มีดินอุดมสมบูรณ์ แสงสว่างพอเพียง (ช่วงแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อชักนำให้เกิดการเจริญของดอก) และไคล้แหล่งน้ำ สันนิษฐานกันว่าพืชชนิดนี้นำเข้ามาในประเทศไทยโดยหมอสอนศาสนาและให้ชาวบ้านปลูกเป็นครั้งแรกที่จังหวัดแพร่

1.3 คุณลักษณะของฟักแม้ว

ฟักแม้วเป็นไม้เถาเลื้อย สามารถเจริญเติบโตข้ามปีได้ มีลักษณะคล้ายเป็นพืชที่อยู่ในกลุ่มของพืชตระกูลแตง แต่มีลักษณะหลายอย่างที่ไม่เหมือนพืชตระกูลแตงที่พบเห็นโดยทั่วไป ลักษณะลำต้น ใบ ยอด และมือจับ คล้ายแตงกวาผสมกับฟักเขียว มีระบบรากสะสมขนาดใหญ่ ลำต้นเป็นเหลี่ยม เจริญเป็นเถา ยาว 15-30 ฟุต มีเถาแขนง 3-5 เถา มือเกาะเจริญที่ข้อ ใบมีขอบใบลักษณะเป็นเหลี่ยม 3-5 เหลี่ยม ยาว 8-15 เซนติเมตร ดอกสีขาวปนเขียว ดอกเกิดที่ข้อระหว่างต้นกับก้านใบเป็นช่อดอกช่อ (Inflorescence) ส่วนดอกเป็นประเภทไม่สมบูรณ์เพศ (Imperfect flower) กล่าวคือดอกตัวผู้และดอกตัวเมียเป็นคนละดอก แต่อยู่ในต้นเดียวกัน (Monoecious plant) ผลของฟักแม้วเป็นประเภทผลเดี่ยว (Simple fruit) เนื้อของผลเจริญมาจากฐานรองดอกที่ขยายใหญ่ไปหุ้มเมล็ดไว้มีเมล็ดเพียงเมล็ดเดียว ในผลเหมือนกับมะม่วง มะปราง ซึ่งเป็นข้อแตกต่างของพืชตระกูลแตงที่เราพบเห็นโดยทั่วไป ผลทรงกลมยาวสีเขียวอ่อน รูปร่างคล้ายลูกแพร์ มีขนาดความยาว 7-20 เซนติเมตร กว้าง 5-15 เซนติเมตร น้ำหนักผล 200-400 กรัม เนื้อมีรสหวาน รสชาติคล้ายมันฝรั่งปนแตงกวา การฉีดพ่นด้วยยิบเบอเรลลิน แอซิด เชมขน 1000 ppm ช่วยให้ผลเจริญได้โดยไม่มีเมล็ด



ภาพที่ 2.1 แสดงลักษณะของฟักแม้ว

1.4 การปรุงอาหาร และสรรพคุณทางยา

ในการปรุงอาหารใช้ผล ใบและรากประกอบอาหาร แต่ก็สามารถรับประทานลำต้นและเมล็ดได้ ในประเทศไทยนิยมรับประทานขูดชาโยเต้ผัดน้ำมันหอย แกงจืด แกงเลียง นำไปทอดหรือลวกจิ้มน้ำพริก โดยผลสามารถรับประทานได้ทั้งเปลือก มีรสชาติคล้ายอาร์ติโชค หรือมันฝรั่ง รากส่วนใหญ่ประกอบด้วยแป้ง ใช้ต้มหรือผัด ใช้เป็นอาหารสัตว์ได้ ผลและเมล็ดประกอบด้วยกรดอะมิโนที่สำคัญหลายชนิด เช่น aspartic acid glutamic acid alanine arginine cysteine phenylalanine glycine histidine isoleucine leucine methionine proline serine tyrosine, threonine and valine และวิตามินซี ส่วนใบและผลใช้ดองยา มีคุณสมบัติช่วยขับปัสสาวะ บำรุงหัวใจและหลอดเลือด แก้อักเสบ น้ำต้มใบและผล ใช้ในการรักษาอาการเส้นเลือดแข็งตัว ความดันโลหิตสูง และสลายนิ่วในไต

ตารางที่ 2.1 คุณค่าทางโภชนาการ (% หรือ มิลลิกรัม/100 มิลลิกรัม)

สารอาหาร	ผล	เมล็ด	ยอดอ่อน	ราก
พลังงาน (cal.)	26.0-31.0	-	60.0	79.0
น้ำ (%)	89.0-93.4	-	89.7	79.7
น้ำตาล (%)	3.3	4.2	0.3	0.6
แป้ง (%)	0.2	1.9	0.7	13.6
โปรตีน (%)	0.9-1.1	5.5	4.0	2.0
ไขมัน (%)	0.1-0.3	-	0.4	0.2
คาร์โบไฮเดรต (%)	3.5-7.7	60.0	4.7	17.8
เถ้า (%)	0.4-0.6	-	1.2	1.0
แคลเซียม (มก)	12.0-19.0	-	58.0	7.0

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

สารอาหาร	ผล	เมล็ด	ยอดอ่อน	ราก
ฟอสฟอรัส (มก)	4.0-30.0	-	108.0	34.0
เหล็ก (มก)	0.2-0.6	-	2.5	0.8
วิตามิน เอ (มก)	5.0	-	615.0	-
ไรอะมิน(มก)	0.03	-	0.08	0.05
ไรโบฟลาวิน (มก)	0.04	-	0.18	0.03
ไนอะซิน(มก)	0.4-0.5	-	1.1	0.9
กรดแอสคอร์บิก	11.0-20.0	-	16.0	19.0

ที่มา: Engels (1983); Aung et al. (1990)

1.5 การปลูกและดูแลรักษา

สภาพแวดล้อม

พบปลูกทั่วไปในพื้นที่สูง 500-1,700 เมตรเหนือระดับน้ำทะเล มีดินอุดมสมบูรณ์ แสงสว่างพอเพียง (ช่วงแสง 12 ชั่วโมงต่อวัน เพื่อชักนำให้เกิดการเจริญของดอก) และใกล้แหล่งน้ำ เนื่องจากต้องการความชื้นสูง 80-85% ปริมาณน้ำฝน 1500-2000 มิลลิเมตร อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ระหว่าง 13-21 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำกว่า 5 องศาเซลเซียส ยอดอ่อนจะเป็นอันตรายได้ ถ้าต่ำกว่า 13 องศาเซลเซียสจะเป็นอันตรายต่อผลอ่อน และอุณหภูมิสูงกว่า 28 องศาเซลเซียส อัตราการเจริญทางต้น ใบ สูง แต่ดอกและผลอ่อนร่วง

สภาพดิน

เนื่องจากผักแว่นเป็นพืชที่มีรากขนาดใหญ่และเป็นพืชขามป่ ดินที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของผักแว่น คือ ดินที่ร่วนซุย มีความอุดมสมบูรณ์ของดินสูง หนาดินลึก pH 6.0-6.8

การปลูกนิยมปลูกในฤดูฝน ใช้เวลาเตรียมกล้า 2-4 อาทิตย์ก่อนปลูก อาจจะขยายพันธุ์โดยการชำหน่อหรือชำทั้งผล เนื่องจากเมล็ดไม่สามารถงอกได้หลังจากแกะออกจากผล

การชำผล ในแนวนอนลึก 5-8 เซนติเมตร ใส่วางปลายของผลฝงลึกกว่าส่วนหัว รากและหน่อใหม่จะเจริญจากส่วนปลายของผล ให้ความชื้นพอเพียง การให้น้ำมากเกินไปจะทำให้ผลเน่า ต้นอ่อนจะเจริญภายในเวลา 2 สัปดาห์ โดยรากเจริญก่อน จากนั้นส่วนยอดจะเจริญสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมสำหรับการเจริญของรากและหน่อ คือ มีแสงพอเพียง อุณหภูมิ 24-27 องศาเซลเซียส หลังจากต้นอ่อนเจริญ ให้ย้ายไปปลูกในพื้นที่ๆ เตรียมไว้และทำการคัดต้นอ่อนที่ปราศจากโรค เนื่องจากในปัจจุบัน มีการระบาดของโรคที่เกิดจากเชื้อไวรัสมาก ทำให้พืชไม่สามารถเจริญเติบโต ใบเหี่ยวหรือใบด่าง ไม่สามารถขยายยอดอ่อนได้

วิธีการปลูก วิธีการปลูกมีสองวิธีคือ

1. การปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวขอดอ่อน ปลูกโดยไม่ไถทาง ขุดหลุมปลูกกว้าง 20-30 เซนติเมตร ลึก 20 เซนติเมตร ระยะระหว่างต้น 70 เซนติเมตร ระยะระหว่างแถว 150 เซนติเมตร
2. การปลูกเพื่อเก็บเกี่ยวผล หรือเตรียมผลเพื่อการขยายพันธุ์ ทำทางให้แข็งแรงเพื่อไถดินเจริญและรับน้ำหนักของต้น และป้องกันผลและยอดติดกับดิน ระยะห่างระหว่างต้น 60-200 เซนติเมตร ระหว่างแถว 300-400 เซนติเมตร

การใส่ปุ๋ย ใส่ปุ๋ยคอก และปุ๋ยเคมี เช่น 15-15-15 หรือ 12-24-12 คลุกลงไปดินในระยะแรกอาจจะใส่ปุ๋ยในโตรเจน ช่วยสำหรับการเจริญเติบโต และหยุดใส่ปุ๋ยเมื่อดอกแรกบาน การใส่ปุ๋ยในโตรเจนมากเกินไปจะทำให้การเจริญทางลำต้นใบสูง อัตราการเจริญของดอกและการติดผลต่ำ

1.6 การเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษา

โดยทั่วไปดอกจะบานหลังปลูก 3-5 เดือน และเก็บเกี่ยว 30-35 วันหลังดอกบาน ในเขตรอนดอกจะบานติดต่อกันเป็นระยะเวลานานและให้ผลผลิตสูงในระยะเวลา 3-4 ปีหลังปลูก การปลูกในพื้นที่และสภาพแวดล้อมที่เหมาะสม สามารถเก็บเกี่ยวได้ 300-500 ผลต่อไร่ เก็บเกี่ยวผล 2-4 ครั้งต่อปีได้ จากการทดลองปลูกเป็นเวลา 3 ปี ที่เมือง Georgia เป็นส่วนหนึ่งของประเทศโซเวียตในอดีต สามารถเก็บเกี่ยวผลได้ 48 ตัน ไร่ 3.5 ตัน และ ขอดอ่อน 14.5 ตัน ต่อไร่

การเก็บรักษาผักแว่นให้เก็บที่อุณหภูมิ 4.5 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90 % สามารถเก็บรักษาได้ 60-90 วัน และถ้าการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10-15 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 90% สามารถเก็บรักษาได้ 2-4 อาทิตย์ ส่วนการเก็บรักษาที่ 13-14 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 80-90% ผลจะงอกในเวลา 15 วัน ผลที่เตรียมไว้สำหรับการขยายพันธุ์จะเก็บรักษาที่อุณหภูมิที่สูงกว่า 10 องศาเซลเซียส

การเก็บเกี่ยวขอด เก็บเกี่ยวทุกสองวัน หลังเก็บเกี่ยวควรเก็บไว้ในที่ร่ม ทำความสะอาดบรรจุในถุงพลาสติกใสในกล่องโฟม และใส่น้ำแข็งदानบน เพื่อลดการหายใจและการคายน้ำซึ่งเป็นสาเหตุให้ขอดเหี่ยว (นิพนธ์ ไชยมงคล 2551)

2. ผักแว่น (ชาโยเต้) พืชเศรษฐกิจ อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

ในเขตอำเภอเขาค้อไม่ทราบแน่นอนว่ามีการส่งเสริมการปลูกผักแว่นตั้งแต่เมื่อใด แต่ได้มีเกษตรกรนำมาปลูกบนพื้นที่อำเภอเขาค้อ ตั้งแต่ปี 2534 โดยชาวเขานำเข้ามาปลูกไว้เพื่อบริโภค เนื่องจากอำเภอเขาค้อมีสภาพอากาศเย็น ส่วนใหญ่เป็นป่าไม้และภูเขา ระดับความสูงของพื้นที่ประมาณ 800 - 1,000 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลขึ้นไป ดินและน้ำมีความอุดมสมบูรณ์ อุณหภูมิและอากาศเย็นสบายตลอดปี ซึ่งเหมาะสมกับการเจริญเติบโตของผักแว่น ซึ่งผักแว่นเป็นพืชที่แมลงรบกวนไม่มาก

ยกเว้น ราแป้งและเปลือกไฟ จะมีระบาดในบางฤดูกาลเท่านั้น ยอดของผักแว่น มีลักษณะเช่นเดียวกับยอดของผักทองและตำลึง ปัจจุบันเป็นที่นิยมของเกษตรกรและผู้นิยมบริโภคผักปลอดสารพิษทั่วไป ซึ่งยอดผักแว่นที่ปลูกบนพื้นที่อำเภอเขาค้อจะมีรสชาติหวานกรอบ กว่าหลายๆจังหวัด ที่ปลูกกันอยู่ เนื่องจากผักแว่นเป็นพืชที่ชอบอากาศเย็นและมีความต้องการน้ำมาก ในการช่วยการเจริญเติบโต ดังนั้นจากสภาพที่เหมาะสมของเขาค้อ จึงทำให้ผักแว่นเป็นพืชเศรษฐกิจตัวใหม่ที่สำคัญของอำเภอเขาค้อจนถึงปัจจุบัน พื้นที่ปลูกประมาณ 700 ไร่ และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามลำดับ พื้นที่อำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์ นิยมปลูกผักแว่นกันทุกตำบล ได้แก่ ตำบลเขาค้อ ตำบลหนองแม่นา ตำบลสะเดาะพง ตำบลเข็กน้อย ตำบลริมสีม่วง ตำบลทุ่งสมอ

เมื่อปลูกผักแว่น อายุได้ 2-3 เดือน สามารถเก็บยอดอ่อนนำไปปรุงอาหารหรือจำหน่ายได้ และจะเก็บยอดอ่อนทำได้ทุก 2-3 วัน/ครั้ง แต่แต่ละครั้งจะเก็บได้ประมาณ 200-300 กิโลกรัม/ไร่หรือสัปดาห์ละประมาณ 400 กิโลกรัม/ไร่ ความยาวของยอดประมาณ 30-40 เซนติเมตร ราคาประมาณ 5-25 บาท/กิโลกรัม ขึ้นกับฤดูกาล ในช่วงฤดูฝนผลผลิตจะออกมามากทำให้ราคาของผักแว่นต่ำกว่าช่วงฤดูหนาว ซึ่งผลผลิตจะออกมาน้อยกว่าและฤดูหนาวเป็นช่วงฤดูท่องเที่ยวอัตราการบริโภคจะสูงกว่าช่วงฤดูฝน

แต่ปัจจุบันเมื่ออายุ 4-5 เดือน ก็เก็บผลอ่อนได้ ผลผักแว่นจะออกเป็นรุ่นๆ แต่ละรุ่นจะมีช่วงเวลาประมาณ 45 วัน โดยจะสามารถเก็บได้ทุก 3 วัน ระยะแรกเก็บผลจะได้ปริมาณน้อยและจะเพิ่มขึ้นตามลำดับผลผลิตของผักแว่นจะมีประมาณ 3,000-4,000 กิโลกรัม/ไร่ ผลผักแว่น เกษตรกรจะขายได้อยู่ระหว่างกิโลกรัมละ 2-10 บาท ขึ้นอยู่กับผลผลิตที่เข้าสู่ตลาดจะมีมากหรือน้อย ตลอดจนความต้องการของผู้บริโภค โดยเฉพาะถ้าเป็นช่วงฤดูกาลท่องเที่ยวราคาผลผลิตจะสูง

3. อนุมูลอิสระ (Free Radicals)

อนุมูลอิสระเป็นโมเลกุลที่มีธาตุที่ไม่มั่นคงเนื่องจากขาดอิเล็กตรอนไป 1 ตัวปกติแร่ธาตุทั้งหลายในร่างกายของเรามีอิเล็กตรอนอยู่รอบเป็นจำนวนคู่ ซึ่งทำให้โมเลกุลนั้นคงตัว ในกรณีที่มีการสูญเสียอิเล็กตรอนหรือรับอิเล็กตรอนมาจะทำให้โมเลกุลนั้นไม่มั่นคง โมเลกุลที่ไม่มั่นคงนี้จะแย่งอิเล็กตรอนมาจากโมเลกุลอื่น จึงเกิดเป็นปฏิกิริยาลูกโซ่ ยกเว้นโมเลกุลที่ไม่มั่นคง 2 โมเลกุลมาเจอกันก็จะรวมกันเป็นโมเลกุลที่มั่นคง ตัวอย่างอนุมูลอิสระ (นวลศรี รักอริยะธรรม และอัญญา เจนวิถีสุข 2545) ได้แก่

- Superoxide anion (O_2^-)
- Hydroxyl radicle ($OH^\cdot$)
- Peroxy radicle ($ROO^\cdot$)
- Hydrogen Peroxide (H_2O_2)

4. สารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant)

สารต้านอนุมูลอิสระ หรือ สารแอนติออกซิแดนซ์ ซึ่งเป็นสารที่ทำหน้าที่ป้องกันการเกิดกระบวนการออกซิเดชัน ซึ่งเป็นกระบวนการสำคัญที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ หรือ กล่าวได้ว่า สารแอนติออกซิแดนซ์จะช่วยยับยั้งอนุมูลอิสระไม่ให้มีผลทำลายเซลล์ โดยทำหน้าที่เป็นผู้เสียสละให้อิเล็กตรอนแก่อนุมูลอิสระจับไล่อนุมูลอิสระ จับตัวกับโลหะที่ส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันหรือลดการก่อตัวของซิงเกิ้ลท็อกซิเจน (singlet oxygen) ซึ่งเป็นออกซิเจนที่อยู่ในรูปที่พร้อมจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน สารแอนติออกซิแดนซ์มีกลไกในการจัดการเพื่อบรรเทาตามหน้าที่ของมัน โดยเขียนเป็นคำพูดง่าย ๆ แทนสมการเคมี ได้ดังนี้

- สารแอนติออกซิแดนซ์ช่วยไม่ให้พวกอนุมูลอิสระก่อตัวขึ้นโดยสารแอนติออกซิแดนซ์จะนำออกซิเจนซึ่งเป็นตัวที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันไปอยู่ในที่ที่ควรอยู่ นอกจากนี้สารแอนติออกซิแดนซ์ยังยับยั้งพวกโลหะ เช่น เหล็ก ซึ่งเป็นตัวเริ่มต้นในการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน ทำให้อนุมูลอิสระไม่มีโอกาสเกิดมาทำความเดือดร้อนให้ร่างกายได้

- สารแอนติออกซิแดนซ์จะหยุดยั้งปฏิกิริยาลูกโซ่ของอนุมูลอิสระโดยทำให้อนุมูลอิสระคงตัวและเป็นการหยุดการก่อตัวใหม่ของอนุมูลอิสระ

- สารแอนติออกซิแดนซ์ช่วยซ่อมแซมความเสียหายที่เกิดจากตัวอนุมูลอิสระทำลายเซลล์ต่างๆ ในร่างกาย

- สารแอนติออกซิแดนซ์ช่วยกำจัดและแทนที่โมเลกุลที่ถูกทำลายเพราะสารเหล่านี้อาจเป็นพิษต่อร่างกาย

4.1 ประเภทของสารต้านอนุมูลอิสระ

โดยทั่วไปสารต้านอนุมูลอิสระแบ่งเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้ (อัญญา เจนวิศิสุข 2544)

1) primary antioxidant

สารในกลุ่มนี้ส่วนใหญ่ได้แก่สารประกอบฟีนอลิก (phenolic substance) ทำหน้าที่หยุดปฏิกิริยาลูกโซ่ของการเกิดอนุมูลอิสระในปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน นอกจากนี้ยังรวมถึงสารโทโคฟีรอลธรรมชาติและสังเคราะห์ (natural and synthetic tocopherol) alkyl gallate BHA BHT TBHQ และอื่น ๆ ซึ่งสารในกลุ่มดังกล่าวทำหน้าที่เป็นตัวให้อิเล็กตรอน

2) oxygen scavenger

สารในกลุ่มนี้ได้แก่กรดแอสคอร์บิกหรือวิตามินซี ascorbyl palmitate erythorbic acid (isoascorbic acid) และ sodium erythorbate เป็นต้น สารในกลุ่มนี้จะเข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจน จึงเป็นการช่วยกำจัดออกซิเจนในระบบปิดได้

3) secondary antioxidant

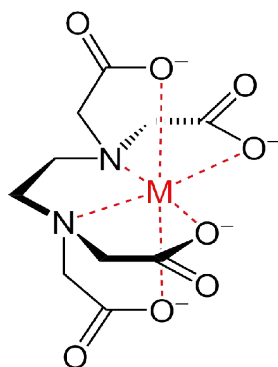
สารในกลุ่มนี้ได้แก่ dilauryl thiopropionate และ thiopropionic acid ทำหน้าที่สลายโมเลกุลของ lipid hydroperoxide ให้เป็นสารที่มีความเสถียร

4) enzymic antioxidant

สารในกลุ่มนี้ได้แก่ เอนไซม์ต่าง ๆ ซึ่งแบ่งเป็น primary antioxidant enzyme และ ancillary antioxidant enzyme สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่กำจัดออกซิเจนหรืออนุพันธ์ของออกซิเจน โดยเฉพาะไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

5) chelating agent หรือ sequestrant

สารในกลุ่มนี้ เช่น กรดซิตริก กรดอะมิโน ethylenediaminetetra-acetic acid (EDTA) เป็นต้น สารในกลุ่มนี้ทำหน้าที่ไปจับกับไอออนของโลหะ เช่น เหล็ก และทองแดง ซึ่งไอออนเหล่านี้เป็นไอออนที่ส่งเสริมและเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน ทำให้เกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่เสถียรดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2.2 แสดงโครงสร้างของสารประกอบเชิงซ้อนระหว่าง EDTA กับโลหะไอออน

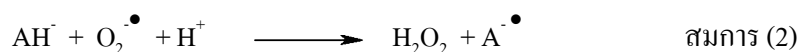
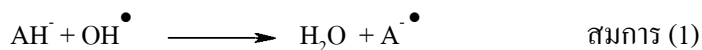
ที่มา : Brown (2006)

4.2 สารต้านอนุมูลอิสระบางชนิด

วิตามินซี

วิตามินซีเป็นสารที่ละลายน้ำได้ ลักษณะเป็นผลึกสีขาว ไม่มีกลิ่น มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่ากรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid) ซึ่งเป็นภาษาละติน หมายถึงภาวะที่ไม่มีเลือดออกตามไรฟัน วิตามินซีมีบทบาทสำคัญในกระบวนการเมตาบอลิซึมของกรดอะมิโน และทำหน้าที่เป็นโคเอนไซม์ของปฏิกิริยาทางชีวเคมีต่าง ๆ ในร่างกาย

นอกจากนี้วิตามินซียังเป็นส่วนหนึ่งของกลุ่มสารชีวเคมีที่สร้างคอลลาเจน (collagen) ซึ่งเป็นโปรตีนส่วนหนึ่งของโครงสร้างกระดูกของมนุษย์ วิตามินซีเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่งในกระบวนการเมตาบอลิซึมในร่างกาย โดยพบว่าวิตามินซีจะเข้าทำปฏิกิริยากับไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ อนุมูล hydroxyl อนุมูล peroxy และ singlet oxygen ได้เป็นสารที่เรียกว่า semidehydroascorbate ($A^{\bullet-}$) และ dehydroascorbate (A) ดังสมการที่ (1) – (4)

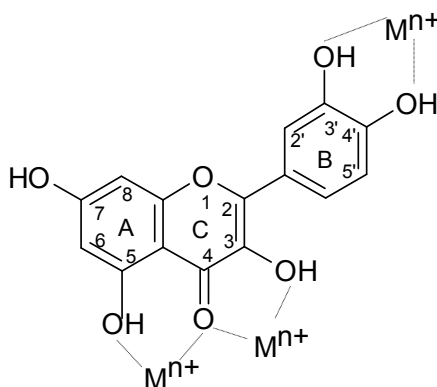


นอกจากวิตามินซีสามารถเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระแล้ว ยังทำหน้าที่เป็นตัวส่งเสริมประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระของวิตามินอีด้วย (สมทรง เลขะกุล, 2543)

5. สารประกอบฟีนอลิก

สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารที่พบได้ในพืชทั่วไป มีคุณสมบัติเป็นสารอินทรีย์ที่มีสูตรโครงสร้างทางเคมีเป็นวงแหวนอะโรมาติก (aromatic ring) ที่มีจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล อย่างน้อยหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งหมู่ในโมเลกุล สามารถละลายได้ในน้ำ ส่วนใหญ่สารประกอบ ฟีนอลิก มักพบอยู่ร่วมกับน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ (glycoside) สารประกอบฟีนอลิกที่พบในธรรมชาติมีหลายกลุ่มและมีลักษณะสูตรโครงสร้างทางเคมีแตกต่างกัน กลุ่มใหญ่ที่พบจะเป็นสารประกอบฟลาโวนอยด์ (flavonoid) นอกจากนั้นยังมีสารประกอบต่างๆ เช่น ฟีนอล (phenol) ฟีนิล (phenyl) โพรพานอยด์ (propanoid) ฟีนอลิก (phenolic) คิวโนน (quinine) และ โพลีฟีนอลิก (polyphenolic) ซึ่งได้แก่ พวกลิกนิน (lignin) เมลานิน (melanin) และแทนนิน (tannin) เป็นต้น รวมทั้งยังพบว่ามีสารประกอบที่มีกลุ่มฟีนอล (phenolic unit) รวมอยู่ในโมเลกุลของโปรตีนอัลคาลอยด์ (alkaloid) และเทอร์พีนอยด์ (terpenoid) เป็นต้น

หน้าที่ของสารประกอบฟีนอลิกเหล่านี้ บางชนิดก็ทราบแน่ชัด เช่น ลิกนินทำหน้าที่ เป็นโครงสร้างให้ความแข็งแรงแก่ผนังเซลล์ของพืช สารในกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) เป็นสารที่ให้สีในผลไม้และดอกไม้ สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ มีความสำคัญในการควบคุมการเจริญของพืช จำพวกถั่ว เป็นต้น นอกจากนี้พบว่าสารประกอบฟีนอลิก หลายชนิดมีสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น ฟลาโวนอยด์ กรดฟีนอลิก และแทนนิน เป็นต้น สารประกอบฟีนอลิก ทำหน้าที่เป็นตัวจับไล่ อนุมูลอิสระที่สำคัญคืออนุมูล โดยมีกลไก 2 แบบ คือเมื่ออยู่ในสถานะที่มีความเข้มข้นต่ำ เมื่อเทียบกับ สารออกซิไดส์ สารประกอบฟีนอลิกจะหน่วงเหนี่ยว หรือป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน นอกจากนี้อนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นในปฏิกิริยาจะถูกทำให้เป็นสารที่มีความเสถียร ดังนั้นจึงสามารถป้องกันการเกิดขึ้นตอนพรอพาเกชันได้ นอกจากนี้สารประกอบฟีนอลิกบางชนิดยังทำหน้าที่เป็น chelating agent ดักจับไอออนของโลหะเข้าไปในโมเลกุล เช่น เคอร์ซีทิน (quercetin) โดยโครงสร้างมีตำแหน่ง (binding site) ที่สามารถดักจับไอออนของโลหะเช่น ทองแดง ได้ 3 บริเวณ คือบริเวณ 3', 4' - dihydroxy ของวงแหวน B บริเวณ 3-hydroxyl, 4-keto ของวงแหวน C และบริเวณระหว่างตำแหน่ง 5-hydroxyl ของวงแหวน A กับตำแหน่ง 4-keto ของวงแหวน C ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 2.3 แสดงบริเวณตำแหน่งที่สามารถดักจับไอออนโลหะของเคอร์ซีทิน

ที่มา : อัญชนา เจนวิธิสุข (2544)

สารประกอบฟีนอลิกยังทำหน้าที่เป็นสารรีดิวซ์ เป็นตัวให้ไฮโดรเจน และกำจัดออกซิเจนที่อยู่ในรูปแอคทีฟ ด้วยหน้าที่ต่าง ๆ ดังกล่าวจึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญชนิดหนึ่งในพืชทั่วไป

6. บทบาทของสารแอนติออกซิแดนซ์ในการรักษาโรค

อนุมูลอิสระแม้จะก่อความเดือดร้อนให้มากมาย แต่ก็ใช่ว่าร่างกายจะยอมให้วายร้ายเหล่านี้โจมตีเราฝ่ายเดียว เพราะสารแอนติออกซิแดนซ์ทั้งที่ผลิตขึ้นในร่างกายและในอาหารที่เลือกสรรรับประทานเข้าไปจะไปช่วยต่อสู้กับอนุมูลอิสระและฟื้นฟูร่างกายให้มีสุขภาพดีอยู่เสมอด้วยกลไกการทำงานร่วมกันเป็นทีม ไม่มีสารชนิดใดชนิดหนึ่งที่สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพียงชนิดเดียว ดังนั้นจึงควรเลือกรับประทานอาหารให้หลากหลายชนิด เพื่อที่จะได้รับสารแอนติออกซิแดนซ์หลาย ๆ ชนิดด้วย จากที่ได้กล่าวไว้แล้วในข้างต้นแล้วว่าสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีสารประเภทใดบ้างและพบได้มากในอาหารชนิดใด ต่อไปนี้จะกล่าวถึงบทบาทของสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีผลในการป้องกันและรักษาโรคต่าง ๆ อันเกิดจากอนุมูลอิสระ ทั้งนี้เพื่อให้ได้เห็นถึงความสำคัญ และประโยชน์ของสารแอนติออกซิแดนซ์อย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น ต่อไปนี้ เป็นตัวอย่างของโรคบางชนิดที่เกิดจากการโจมตีของอนุมูลอิสระ แต่เราสามารถป้องกันได้ด้วยสารแอนติออกซิแดนซ์ (นวลศรี รักษิระธรรม และอัญชนา เจนวิธิสุข 2545)

6.1 บทบาทของแอนติออกซิแดนซ์ต่อโรคมะเร็ง

สารแอนติออกซิแดนซ์สามารถลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งได้หลายชนิดโดยมียุทธวิธีแตกต่างกันไป เช่น ยับยั้งการเกิดสารก่อมะเร็ง ป้องกันสิ่งต่าง ๆ ที่ส่งเสริมให้เกิดมะเร็ง หยุดการเจริญและการแพร่กระจายของเซลล์มะเร็งและเซลล์ที่กำลังจะแปรปรวนกลายเป็นเซลล์มะเร็ง ลดอัตราการเกิดการกลายพันธุ์ของเซลล์ และเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย มีรายงานมากมายที่สนับสนุนว่าการได้รับสารแอนติออกซิแดนซ์ที่ได้จากผักและผลไม้สามารถลดอัตราการเสี่ยงต่อการเป็นมะเร็งได้ เช่น รายงานจากการศึกษาแบบติดตามคนไข้ใน

ประเทศสหรัฐอเมริกาจำนวน 11,546 คน เป็นเวลา 25 ปี พบว่าผักและผลไม้ช่วยลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งกระเพาะอาหารได้ถึง 5.5 เท่า บางรายงานตรวจสอบชี้ชัดลงไปถึงชนิดของผักด้วย เช่น ผักที่มีสีเหลืองหรือส้ม เช่น แครอท มันฝรั่ง พบว่าสามารถลดอัตราการเสี่ยงของการเป็นมะเร็งปอดได้มากกว่าผักชนิดอื่นการรับประทานผักและผลไม้ที่มีเบต้า – แคโรทีน วิตามินอี และวิตามินซีสูงสามารถที่จะลดการเกิดมะเร็งเต้านมได้จริงในสตรีวัยเจริญพันธุ์ซึ่งผลดังกล่าวได้จากการติดตามคนไข้ 83,234 คน เป็นเวลา 14 ปี นอกจากนี้ยังมีรายงานอีกมากที่ไม่ได้ยกตัวอย่างมาให้เห็น แต่โดยสรุปแล้วสารแอนติออกซิแดนซ์น่าจะมีผลดีต่อร่างกายและลดอัตราการเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็งชนิดต่างๆ ได้จริง แต่ส่วนใหญ่พบว่าฤทธิ์เด่นชัดอยู่ในรูปของผักสดและผลไม้มากกว่าสารสกัดหรือตัววิตามินโดยตรง ดังนั้นการรับประทานผักและผลไม้จึงเป็นสิ่งที่ทำได้ไม่ยากและมีผลดีต่อสุขภาพอย่างแท้จริง

6.2 บทบาทของแอนติออกซิแดนซ์ต่อการยับยั้งการกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์หมายถึงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับยีนหรือดีเอ็นเอ ทำให้ยีนหรือดีเอ็นเอนั้นผิดปกติไป เช่น จากเดิมเคยทำหน้าที่อย่างหนึ่ง แต่เมื่อยีนนั้นเกิดการกลายพันธุ์ก็ไม่อาจทำหน้าที่เดิมได้ หรือเปลี่ยนไปทำหน้าที่อย่างอื่นที่ไม่เคยทำมาก่อน การกลายพันธุ์อาจทำให้เกิดทั้งผลดีและผลเสีย โดยทั่วไปผลดีจากการกลายพันธุ์มีโอกาสดังกล่าวเกิดขึ้นตามธรรมชาตินี้ย่อมมี ต้องอาศัยวิทยาการทางวิทยาศาสตร์ในการทดลองวิจัยเพื่อให้เกิดการกลายพันธุ์ที่ดี ซึ่งกรณีดังกล่าวจะนำมาใช้ประโยชน์ในทางเกษตรกรรมและปศุสัตว์ เพื่อการปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์ให้ดีขึ้น ส่วนการกลายพันธุ์ที่ทำให้เกิดผลเสียคือการกลายพันธุ์ที่เราไม่ต้องการให้เกิดขึ้น เนื่องจากทำให้ยีนที่เกิดการกลายพันธุ์นั้นผิดปกติไปจนเป็นอันตรายต่อเซลล์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการกลายพันธุ์ในบางครั้งอาจมีบทบาทในขั้นเริ่มต้นของการเกิดมะเร็ง แล้วจะหาทางป้องกันไม่ให้เกิดการกลายพันธุ์ได้อย่างไร ?

ก่อนอื่นมาดูที่สาเหตุการกลายพันธุ์กันก่อน การกลายพันธุ์สามารถเกิดขึ้นได้เองตามธรรมชาติ แต่โอกาสอย่างนี้เกิดขึ้นน้อยมาก ส่วนใหญ่การกลายพันธุ์จะเกิดจากการชักนำของสารก่อกลายพันธุ์ เช่น รังสีและสารเคมีต่าง ๆ ซึ่งสารก่อกลายพันธุ์เหล่านี้เราสัมผัสกับมันอยู่ทุกวันโดยไม่รู้ตัว ซึ่งสารก่อกลายพันธุ์ดังกล่าวอยู่ในกลุ่มเดียวกับสารที่ทำให้เกิดอนุมูลอิสระ นั่นคือสารก่อกลายพันธุ์สามารถชักนำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้น แล้วอนุมูลอิสระจะเป็นตัวที่ทำลายยีน หรือดีเอ็นเอที่อยู่ในร่างกาย วิธีการที่จะป้องกันไม่ให้เกิดการกลายพันธุ์ก็คือป้องกันไม่ให้ร่างกายเราได้รับสารก่อกลายพันธุ์มากเกินไป หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าป้องกันไม่ให้เกิดอนุมูลอิสระมากเกินไปในร่างกาย สารแอนติออกซิแดนซ์สามารถต่อสู้กับอนุมูลอิสระและป้องกันไม่ให้อนุมูลอิสระเข้าทำลายยีนหรือดีเอ็นเอของ นั่นคือสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีบทบาทในการยับยั้งการกลายพันธุ์ได้ จะเป็นว่าสารแอนติออกซิแดนซ์ทำหน้าที่ทั้งป้องกันการกลายพันธุ์และป้องกันการเกิดมะเร็งได้ โดยใช้กลไกทำนองเดียวกันตัวอย่างของสารแอนติออกซิแดนซ์ที่มีการวิจัยแล้วว่ามีความสามารถในการกลายพันธุ์ ได้แก่ แอลฟา-โทโคฟีรอล ซีซามินอล (sesaminol) ซึ่งพบในน้ำมันงา สารประกอบฟีนอลิกที่พบในชา เช่น อนุพันธ์กรดเอลลาจิก (ellagic acid derivatives) เอพิกัลโลคาเทชินแกลเลท (epicatechingallate) และเอพิกัลโลคาเทชินแกลเลท (epigallocatechin

gallate) นอกจากนี้ก็มีการวิจัยเกี่ยวกับฤทธิ์ยับยั้งการกลายพันธุ์ของประกอบฟีนอลชนิดหนึ่งที่เรียกว่า ยูจีนอล (eugenol) จากข่า โดยให้หนูทดลองซึ่งได้รับสารก่อกลายพันธุ์กินอาหารที่มีส่วนผสมของ ยูจีนอล 0.4% เป็นเวลา 15 วัน พบว่าสารยูจีนอลข่านั้นสามารถยับยั้งการกลายพันธุ์ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มของหนูที่ได้รับสารก่อกลายพันธุ์ และได้รับอาหารปกติที่ไม่ได้ผสมยูจีนอล

6.3 บทบาทของแอนติออกซิแดนซ์ต่อโรคหัวใจและหลอดเลือด

ปัจจุบันโรคหัวใจเป็นสาเหตุการตายอันดับหนึ่งของประชากรโลก ซึ่งจากการศึกษา เชื่อกันว่าอนุมูลอิสระตัวร้ายสามารถทำปฏิกิริยากับไขมันในร่างกายที่อยู่ในรูปของไลโปโปรตีนชนิด LDL (Low Density Lipoprotein) ซึ่งเป็นไขมันที่ก่อให้เกิดโรคหลอดเลือดแดงแข็ง (Artherosclerosis) และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตันได้ จากการศึกษาพบว่าสารแอนติออกซิแดนซ์สามารถลดอุบัติการณ์ เกิดโรคหัวใจและหลอดเลือดได้ โดยการยับยั้งการรวมตัวกับออกซิเจนของ LDL ทำให้ไม่เกิดอนุมูล อิสระ นอกจากนี้สารแอนติออกซิแดนซ์ ยังมีผลในการเพิ่มปริมาณของไขมันชนิด HDL (High Density Lipoprotein) ให้สูงขึ้นซึ่งไขมันชนิดนี้เป็นไขมันที่ดี ทำให้ลดโอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรค หลอดเลือดแดงแข็งได้

6.4 บทบาทของแอนติออกซิแดนซ์ต่อโรคต้อกระจก

โรคต้อกระจกเป็นโรคตาที่พบบ่อยในผู้สูงอายุแต่ปัจจุบันก็พบได้บ่อยในคนหนุ่มสาว โรคต้อกระจกมีผลทำให้ตาฝ้าฟางมองอะไรไม่ถนัดเห็นคล้ายกับมีเยื่อขาวบาง ๆ มาขวางกั้นสายตาไว้ โรคนี้เป็นอาการทางสายตาที่เกิดจากเลนส์ตาขุ่นขาว ในสมัยก่อนเรายังไม่ทราบสาเหตุของการเกิดโรค นี้ ทราบเพียงว่าเป็นโรคที่เกิดกับผู้สูงอายุ แต่ในระยะหลัง ๆ มานี้คนหนุ่มสาวก็เป็นต้อกระจกกันมาก ขึ้น ต่อมาการศึกษาสาเหตุของการเกิดโรค พบว่าสาเหตุของต้อกระจกส่วนหนึ่งเกี่ยวข้องกับรังสี อัลตราไวโอเลตจากแสงแดด นี่เองจึงเป็นเหตุผลที่ว่าเหตุใดคนหนุ่มสาวยุคใหม่เป็นต้อกระจกกัน เพิ่มขึ้น เพราะแสงแดดในสมัยนี้มีรังสีอัลตราไวโอเลตมากขึ้นนั่นเอง รังสีอัลตราไวโอเลตในแสงแดด จะเป็นตัวกระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาสร้างอนุมูลอิสระขึ้นในเลนส์ตา ปกติในเลนส์ตาของคนเรามีกรด ไขมันไม่อิ่มตัวอยู่เป็นจำนวนมาก กรดไขมันไม่อิ่มตัวนี้เข้าทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ง่าย ดังนั้นเมื่อ สัมผัสกับออกซิเจนโดยมีรังสีอัลตราไวโอเลตช่วยกระตุ้นบ่อย ๆ ก็จะเกิดอนุมูลอิสระขึ้นทำให้เลนส์ตา รับแสงได้น้อยลง จากภาพที่เคยมองเห็นอย่างชัดเจนก็กลายเป็นเห็นภาพมุกขมัว ปัญหาของอนุมูล อิสระจะยิ่งสะสมไปเรื่อย ๆ ทำให้เลนส์ต่ายิ่งขุ่นมัวเพิ่มขึ้นตามอายุ แพทย์และนักโภชนาการต่างเชื่อ กันว่าถ้ารับประทานอาหารประเภทที่มีสารแอนติออกซิแดนซ์มาก ๆ จะช่วยแก้ปัญหากการเกิดต้อกระจก ได้ เพราะสารแอนติออกซิแดนซ์จะเข้าไปทำงานโดยไปปรับอนุมูลอิสระ ทำให้อนุมูลอิสระไม่สามารถ เกิดปฏิกิริยาถูกโซ่ต่อไปได้อีก นอกจากนี้นักวิจัยทางการแพทย์พบว่าผู้เป็นต้อกระจกจะมีปริมาณอนุมูล อิสระเป็นจำนวนมาก แต่มีสารแอนติออกซิแดนซ์ต่ำรวมทั้งปริมาณวิตามินอีและซีก็มีน้อยด้วย จาก งานวิจัยประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่าผู้ที่รับประทานผักและผลไม้เป็นประจำจะมีโอกาสเป็นโรคต้อ

กระเจกน้อยกว่าผู้ที่ไม่รับประทานผักและผลไม้ถึง 4.5 เท่า และผู้ที่ไม่รับประทานผักและผลไม้เลยจะเสี่ยงต่อการเป็นดื้อกระเจกมากกว่าคนปกติถึง 6 เท่า นอกจากนี้ยังพบว่าหากร่างกายมีระดับวิตามินซีในเลือดต่ำจะมีความเสี่ยงต่อการเกิดดื้อกระเจกถึง 11 เท่า และถ้ามีระดับสารแคโรทีนอยด์ต่ำก็จะมีความเสี่ยงถึง 7 เท่า

6.5 บทบาทของแอนติออกซิแดนท์ต่อการเสื่อมของเซลล์ (ความชรา)

รังสีอัลตราไวโอเลตในแสงแดดเป็นตัวการร้ายที่สามารถกระตุ้นให้เกิดอนุมูลอิสระที่ผิวหนังของเรา และยังทำปฏิกิริยาต่อเซลล์ข้างเคียง ทำให้เซลล์เสื่อมสภาพหรือตายเร็วกว่าปกติ เมื่อเซลล์ผิวหนังเสื่อมสภาพหรือตายก็ทำให้ผิวหนังเรารู้สึกสภาพไม่ดี เหี่ยวย่นหรือแก่ก่อนวัย จากรายงานพบว่าสารแอนติออกซิแดนท์สามารถป้องกันโรค และมีความสัมพันธ์กับความชรา เพราะสารแอนติออกซิแดนท์ที่มีคุณสมบัติบางประการที่สามารถป้องกันผนังเซลล์ไม่ให้ทำปฏิกิริยารวมตัวกับออกซิเจนจนเกิดการทำลายและเกิดอนุมูลอิสระ ซึ่งแน่นอนว่าจะมีผลช่วยชะลอความเสื่อมชราของเซลล์ได้ ปัจจุบันเราจึงพบว่าเครื่องสำอางต่าง ๆ มีส่วนประกอบของสารแอนติออกซิแดนท์รวมอยู่ด้วย แต่ในเมื่อเราทราบแล้วว่าในพืชผัก – สมุนไพรและผลไม้อุดมไปด้วยสารแอนติออกซิแดนท์เช่นกัน และเป็นแอนติออกซิแดนท์ที่ราคาถูกกว่าในเครื่องสำอางเสียด้วย ดังนั้นเราควรพึงพาแอนติออกซิแดนท์จากพืชผักสมุนไพรและผลไม้ดีกว่าไปเสียเงินซื้อเครื่องสำอางราคาแพงมาใช้

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

อัญชนา เจนวิถีสุข (2545) ศึกษาแอกติวิตีของสารต้านอนุมูลอิสระโดยวิธีวัดการชะลอการฟอกสีของเบต้า-แคโรทีนในผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทยชนิดต่างๆ รวมทั้งวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีของสารต้านอนุมูลอิสระบางชนิด ซึ่งได้แก่ วิตามินซี วิตามินอี แคโรทีน แซนโทฟิลล์ แทนนิน และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด จากผลการวิเคราะห์พบว่าพืชผักสมุนไพรที่มีแอกติวิตีของสารต้านอนุมูลอิสระสูงได้แก่ กระถิน ชะพลู ผักชีล้อม ผักเชียงดา ผักหนาม ปูย่า ผักฮ้วนหมู ฟักทะลายโจร สะเดา สะระแหน่ หญ้าหวาน หม่อน และโหระพาช้าง เมื่อนำมาวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมี พบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นสารที่มีบทบาทในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

พิชญ์อร ไหมสุทธิสกุล (2547) ศึกษาวิจัยเพื่อคัดเลือกพืชสำหรับใช้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติตัวใหม่เพื่อทดแทนสารสังเคราะห์ได้รับความสนใจมากขึ้น สารต้านอนุมูลอิสระใช้เพื่อป้องกันปฏิกิริยาออกซิเดชันที่เกิดขึ้นทั้งในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง และยา สารประกอบหลักในพืชที่มีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระคือ สารประกอบฟีนอลิก กลไกในการต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกจะอยู่ในรูปของการกำจัดอนุมูลอิสระ การให้ไฮโดรเจนอะตอม และกำจัดออกซิเจนที่ขาดอิเล็กตรอน รวมทั้งการรวมตัวกับโลหะ

วงศ์ศิริ เข้มสวัสดิ์และคณะ (2548) ศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในมะเกี๋ยงสด ระหว่างการเก็บรักษาโดยวิธีแช่เย็น มะเกี๋ยงเป็นผลไม้ที่มีสารต้านอนุมูลอิสระสูง นิยมนำมาบริโภคทั้งในรูปผลสดและผลิตภัณฑ์ การเก็บรักษาจึงเป็นกระบวนการสำคัญที่มีผลต่อคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของมะเกี๋ยง ในการเก็บรักษามะเกี๋ยงโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี สารต้านอนุมูลอิสระและคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส แต่พบการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกสภาวะ

Arusa (2548) ศึกษาการสกัดและวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน สารประกอบฟีนอลิก และ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลไม้บลูอันนี่ชั๊กเกิล 10 พันธุ์ พบว่า ผลไม้บลูอันนี่ชั๊กเกิลมีปริมาณแอนโทไซยานิน (116-593 มิลลิกรัมของ/100 กรัม น้ำหนักสด) total phenolics (440-1142 มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด) ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดย วิธี ORAC (18-104 ไมโครโมลของ Trolox /กรัม น้ำหนักสด) และ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระโดย วิธี FRAP (38-94 ไมโครโมล ของ Trolox /กรัม น้ำหนักสด) จากการหาความสัมพันธ์ โดยวิธีสถิติพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์กับปริมาณสารแอนโทไซยานิน และสารฟีนอลิก

Charanjit and Harish (2002) การศึกษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดใน ผักเอเชีย 36 ชนิด ที่พบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าเปอร์เซ็นต์แอกติวิตีอยู่ระหว่าง 12.80 - 92.45% ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 34 - 400 มิลลิกรัม /100 กรัม น้ำหนักสด และพบว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

Javanmardia et. al. (2003) วิจัยการต้านอนุมูลอิสระในใบโหระพาที่ปลูกในพื้นที่ ที่ต่างกัน ใบโหระพาเป็นพืชที่นำมาใช้เป็นยารักษาโรคกันมาแต่ดั้งเดิม เพราะเป็นสมุนไพร ที่ใช้ในการทำอาหาร และยังเป็นสมุนไพรที่ให้กลิ่นหอม โดยทำการศึกษาด้านการต้านอนุมูลอิสระใน ใบโหระพา ที่ปลูกต่างสถานที่กันในประเทศอิหร่าน 23 สถานที่ โดยวัดเป็นค่า Trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC) และหาค่า Total phenolic contents โดยใช้เทคนิค spectrophotometric ซึ่งอาศัย Folin – Ciocalteu reagent ตามวิธี Spanos และ Wrolstad [วารสารงานวิจัย Agricultural & Food Chemistry, 38 (1990) 1565] และพบว่า โหระพาที่ปลูกในเมือง “ Babol ” มีค่า Total antioxidant activity และ Total phenolic content สูงสุด คือ 35.7 μM Trolox และ 65.5 mg gallic acid/g dw ตามลำดับ

และโหระพาที่ปลูกในเมือง “ Dezful I ” มีค่าน้อยที่สุด คือ 10.8 μM Trolox และ 22.9 mg gallic acid/g dw ตามลำดับ

Lopez-Velez et. al. (2003) ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลิกในไวน์ พบว่า สารฟีนอลิกพบได้ในผักและผลไม้ทั่วไป และพบมากในไวน์แดง ซึ่งได้รับความสนใจมาก เนื่องจากมีสารที่ศึกษาพบในการต้านอนุมูลอิสระ งานวิจัยนี้ได้ใช้ไวน์จากสเปนมาทำการทดลอง 5 ตัวอย่าง และศึกษาสารประกอบฟีนอลิกในไวน์แดงคือ gallia acid tran-resveratrol quercetin และ rutin และยังมีการศึกษาค่า total phenolics content และ total antioxidant activity (TAA) ของไวน์ โดยวิธี Folin – Ciocalteu

Paganga et. al. (1999) ศึกษาสารประกอบฟีนอลิกที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระในผักและผลไม้บางชนิด เช่น ในมะเขือยาว พบ Chlorogenic acid เป็นองค์ประกอบหลักและพบ delphinidin ในส่วนของเปลือก ในแอปเปิ้ลพบสารประกอบฟีนอลิกหลายชนิดที่ทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น Chlorogenic acid Procyanidin Catechin Rutin และ Phloridzin เป็นต้น ส่วนในหัวหอมพบ Quercetin glycoside

Zielinski and Kozłowska (2000) ศึกษาสารต้านอนุมูลอิสระในเมล็ดธัญพืชหลายชนิด เช่น ข้าวสาลี ข้าวบาร์เลย์ ข้าวไรน์ ข้าวโอ๊ต และ buckwheat พบว่าสารสกัดด้วยเมทานอล 80% ของเมล็ดธัญพืชดังกล่าวทุกชนิดแสดงสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเรียงลำดับประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระจากมากไปน้อย ดังนี้ buckwheat > ข้าวบาร์เลย์ > ข้าวโอ๊ต > ข้าวสาลี = ข้าวไรน์ ในส่วนของรำข้าวที่แสดงสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระ โดยเรียงลำดับประสิทธิภาพของสารต้านอนุมูลอิสระจากมากไปน้อย ได้แก่ รำข้าว buckwheat > รำข้าวโอ๊ต > รำข้าวบาร์เลย์ อย่างไรก็ตาม การทดลองนี้พบว่าสารสกัดด้วยน้ำจากเมล็ดข้าว buckwheat เท่านั้นที่แสดงสมบัติสารต้านอนุมูลอิสระ

บทที่ 3

วิธีการทดลอง

1. สารเคมีและเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ตารางที่ 3.1 สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

สารเคมี	บริษัทผู้ผลิต
Absolute ethanol (analytical grade)	MERCK
Acetone	MERCK
β -Carotene	Sigma
Chloroform	BDH
Ethanol	BDH
Linoleic acid	BDH
Tween 40	Fluka
Catechol	BDH
Folin – Ciocalteu reagent	MERCK
Sodium carbonate anhydrous	Fluka

หมายเหตุ : สารเคมีที่ไม่ได้ระบุ grade ให้หมายถึง Lab grade

ตารางที่ 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือ	บริษัทผู้ผลิต
- เครื่องชั่งดิจิตอลทศนิยม 4 ตำแหน่ง (Analytical and Precision Balances)	SCIENTIFIC PROMOTION Co,LD Sartorius รุ่น BP 210 S
- เครื่องปั่นเหวี่ยง (Centrifuge)	Andreas Hettich GmbH & Co.KG รุ่น UNIVERSAL 16
- อ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่า (Shaking water bath)	MEMMERT
- อ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath)	MEMMERT

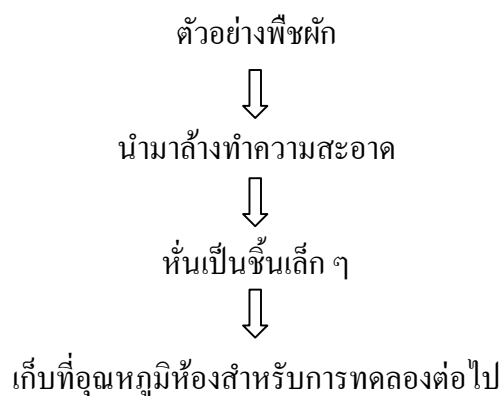
- เครื่อง UV-VIS Spectrophotometer	SHIMADZU รุ่น PharmaSpec UV-1700
------------------------------------	----------------------------------

2. วิธีการทดลอง

2.1 วัสดุดิบ

ตัวอย่างฟักแม้ว จากอำเภอเขาค้อ จังหวัดเพชรบูรณ์

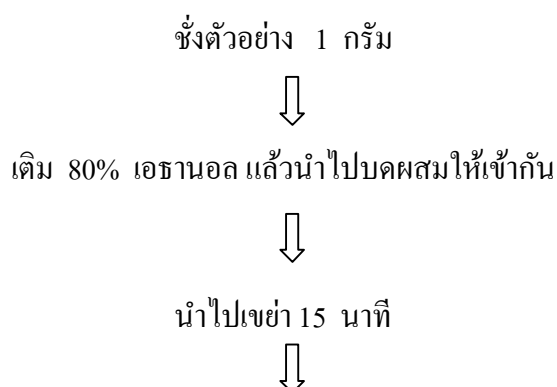
2.3 การเตรียมตัวอย่าง



2.4 การศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้านที่มีสีม่วงแดง

((Mahuya *et al.*, 2007)

1) การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่าง



นำไปเข้าเครื่องหมุนเหวี่ยงที่ความเร็ว 6000 รอบ/นาที เป็นเวลา 30 นาที



เก็บสารละลายส่วนที่ใสไว้ในหลอดทดลองที่มีฝาปิด



เพื่อใช้ในการหาค่าการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป

2) การวิเคราะห์สมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Mahuya et al., 2007)

ปีเปตสารละลายเบต้า-แคโรทีนในคลอโรฟอร์ม (2.0 มิลลิกรัม / 20 มิลลิลิตร)

ปริมาตร 4 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์ที่มีกรดลิโนเลอิก ปริมาตร 0.04 มิลลิลิตร และทวิน 40 ปริมาตร 0.4 มิลลิลิตร นำไปประเหยคลอโรฟอร์มที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เติมน้ำปราศจากไอออน ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ลงไปพร้อมทั้งคนอย่างแรง จากนั้นปีเปตสารละลายในบีกเกอร์ปริมาตร 9 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองที่มีสารสกัดจากตัวอย่าง 0.60 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันการนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงทันทีที่ความยาวคลื่น 470 นาโนเมตร แล้วนำไปบ่มในอ่างควบคุมอุณหภูมิที่ 50 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 2 ชั่วโมง 30 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงอีกครั้ง สำหรับหลอดควบคุมใช้เอทานอล 0.60 มิลลิลิตร แทนสารสกัด และใช้เอทานอล เป็นแบลนด์

สูตรการคำนวณการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

$$\text{Antioxidant activity (\%)} = \frac{[\text{Degradation rate of control} - \text{Degradation rate of sample}]}{\text{Degradation rate of control}}$$

เมื่อ	Degradation rate	=	$\ln(a/b) \times 1/t$
	$\ln$	=	natural log
	a	=	initial absorbance (470 nm)
	b	=	absorbance (470 nm) at 100 min interval
	t	=	time (min)

2.5 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

1) การเตรียมสารละลายสำหรับการตรวจสอบสารประกอบฟีนอลิก

- สารละลายมาตรฐาน 1000 ppm Catechol ชั่ง Catechol 0.100 กรัม ละลายในน้ำกลั่น และปรับปริมาตรให้เป็น 100 มิลลิลิตร ในขวดวัดปริมาตร
- สารละลาย 10% Folin – Ciocalteu reagent ปีเปต Folin– Ciocalteu

reagent 10 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่น

- สารละลาย 15% w/v sodium carbonate ชั่ง sodium carbonate 15 กรัม และปรับปริมาตรสารละลายด้วยน้ำกลั่นจนครบ 100 มิลลิลิตร

2) การเตรียมสารสกัดจากตัวอย่าง

ชั่งตัวอย่าง 2.0 กรัม เติม ethanol 20 มิลลิลิตร นำไปบดผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปเหวี่ยงแยกเอากากออกที่ความเร็ว 6,000 รอบ/นาที เป็นเวลา 10 นาที ปิเปตสารละลายส่วนที่ใสมา 1 มิลลิลิตร นำไประเหยเอา ethanol ออก แล้วเติมน้ำปราศจากไอออนลงไป 10 มิลลิลิตร เก็บสารสกัดไว้เพื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

3) การทำกราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

นำสารละลายมาตรฐาน catechol เข้มข้น 0, 50, 100, ..., 250 ppm ทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (Charanjit and Harish 2002) แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ขั้นตอนการทำกราฟมาตรฐานเป็นดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 ปริมาตรและสารต่างๆ ที่ใช้สำหรับการทำกราฟมาตรฐานสารประกอบฟีนอลิก

สารที่ใช้	ขวดที่				
	1	2	3	...	6
1. ความเข้มข้นของสารละลาย catechol (ppm)	0	50	100	...	250
2. สารละลาย catechol (mL)	-	1.0	1.0	...	1.0
3. สารละลาย 10% Folin – Ciocalteu reagent (mL)	5	5	5	...	5
ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 3 นาที					
4. เติมสารละลาย 15% sodium carbonate	2	2	2	...	2
นำไปบ่มที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส 15 นาที					
ปรับปริมาตรด้วยน้ำปราศจากไอออน 25 mL และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 650 nm					

4) การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

ปิเปตสารสกัดสารประกอบฟีนอลิก 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย 10% Folin – Ciocalteu reagent 5 มิลลิลิตร และสารละลาย 15% sodium carbonate 2 มิลลิลิตร เช่นเดียวกับในการทำกราฟมาตรฐาน วัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น

650 นาโนเมตร สำหรับหลอดแปลงค่าให้ใช้สารละลายผสมของ ethanol แทนสารประกอบฟีนอลิกที่สกัดได้จากตัวอย่าง และคำนวณค่าที่ได้ในรูปของ มิลลิกรัม/100 กรัม น้ำหนักสด

บทที่ 4

ผลการทดลอง

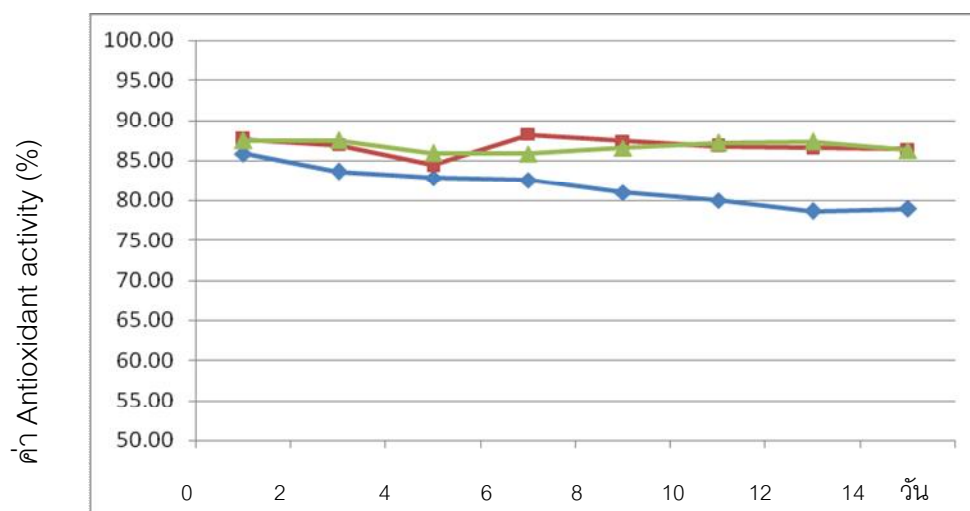
1. ผลการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity (%)) จากตัวอย่างพืช

จากการศึกษาสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของ สารสกัดเอทานอลจากผักแว่นส่วนต่างๆ คือ ใบ ยอด ผล และราก ในการเก็บรักษาผักแว่นโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 15 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วันและคำนวณเป็นค่าเปอร์เซ็นต์แอคติวิตีของสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity (%)) ได้ผลตามตารางที่ 4.1 จากตารางจะเห็นได้ว่า

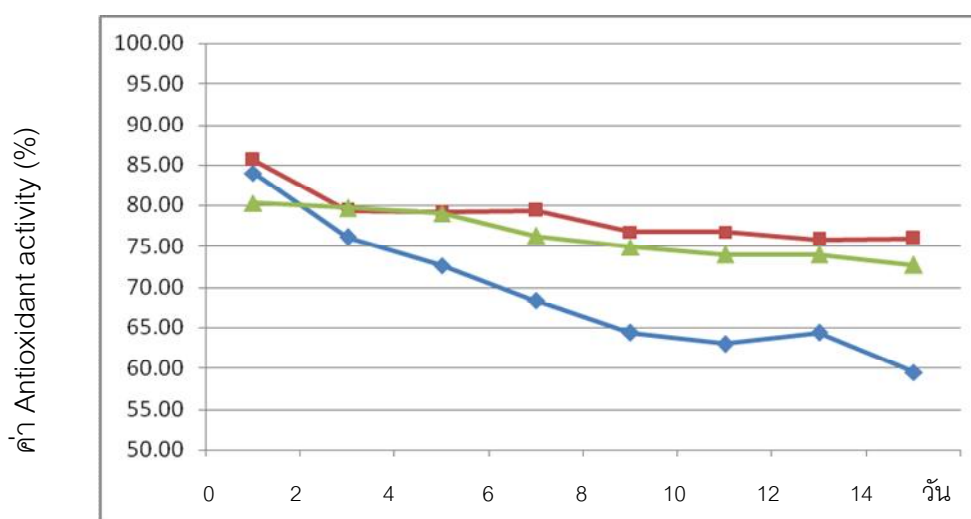
ตารางที่ 4.1 ค่า Antioxidant activity (%) ของผักแว่นที่อุณหภูมิต่างๆ

Antioxidant activity (%)												
อุณหภูมิ (°C) วันที่	ใบ			ยอดอ่อน			ผล			ราก		
	0	15	25	0	15	25	0	15	25	0	15	25
0	85.85	87.61	87.42	83.96	85.57	80.28	73.30	81.90	76.34	80.36	80.23	80.12
2	83.59	86.91	87.43	76.09	79.35	79.69	67.71	69.80	66.66	80.51	80.29	80.37
4	82.87	84.38	85.86	72.64	79.26	79.03	62.56	67.60	66.59	71.78	74.96	79.81
6	82.59	88.18	85.81	68.31	79.35	76.24	58.44	57.40	61.29	72.07	72.07	74.11
8	80.98	87.36	86.56	64.32	76.72	74.94	59.51	60.52	60.32	70.94	77.75	78.75
10	79.99	86.72	87.13	62.98	76.72	74.02	53.52	57.05	58.29	71.53	73.19	73.07
12	78.68	86.55	87.31	64.34	75.80	74.00	64.95	65.79	70.20	70.09	72.24	73.55
14	78.93	86.38	86.23	59.46	75.96	72.71	55.97	62.32	60.96	64.59	70.48	74.43

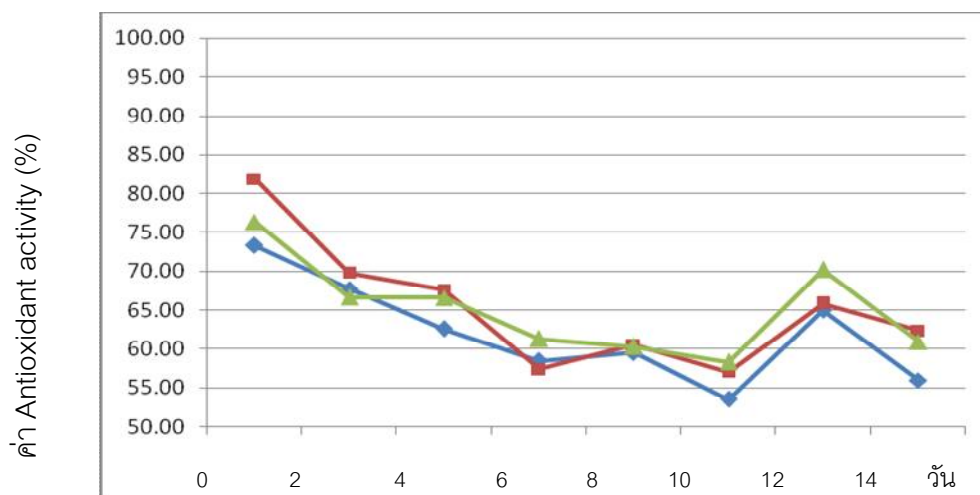
จากผลการทดลองในตารางสามารถสรุปผลโดยนำมาแสดงผลในรูปของกราฟ ดังแสดงในภาพที่ 4.1 – 4.4



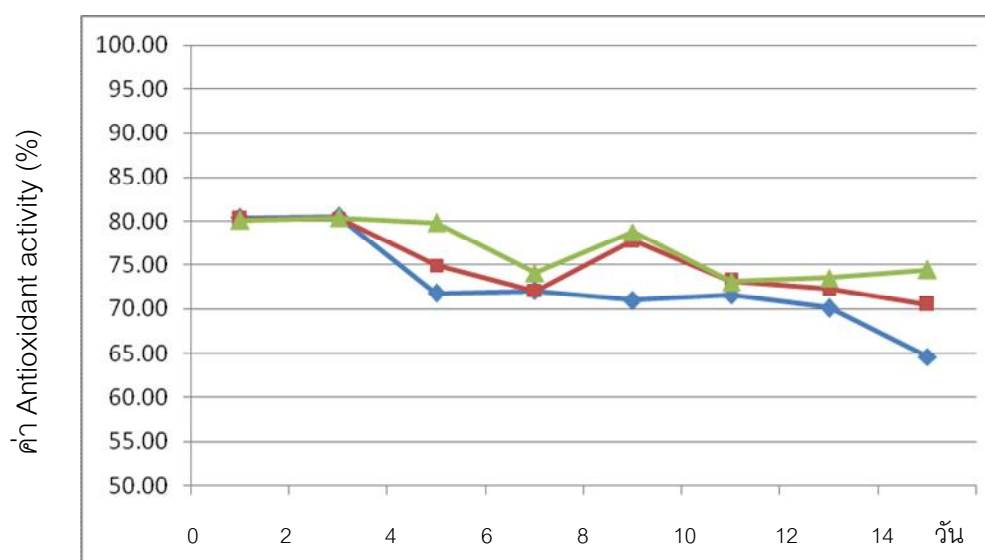
ภาพที่ 4.1 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของใบผักแว่น



ภาพที่ 4.2 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของยอดอ่อนผักแว่น



ภาพที่ 4.3 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของผลฟักแม้ว



ภาพที่ 4.4 ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในส่วนของรากฟักแม้ว

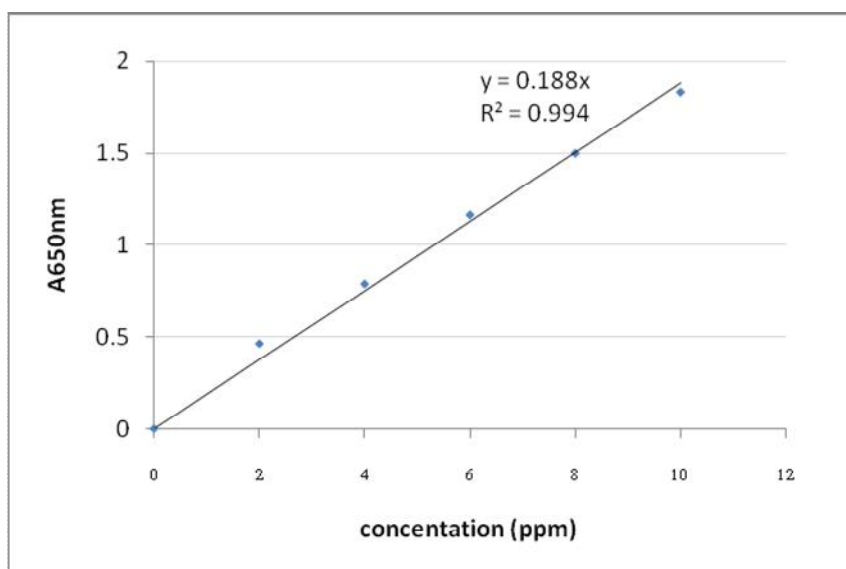
หมายเหตุ : ▲ แสดงถึงอุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส
 ■ แสดงถึงอุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส
 ◆ แสดงถึงอุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

ผลจากการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระแสดงดังภาพที่ 4.1-4.4 โดยความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเริ่มต้น จนถึง 14 วัน ระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 0 15 และ 25 องศาเซลเซียส ในส่วนของใบฟักแม้ว ที่อุณหภูมิ 0 และ 15 องศาเซลเซียส ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเล็กน้อย และในส่วนของคุณค่อน ผล และรากของฟักแม้ว ที่

อุณหภูมิเดียวกันความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อย สำหรับที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ในทุกส่วนของผักแต้วที่ทำการวิเคราะห์ จะมีแนวโน้มลดลงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับอุณหภูมิ 0 และ 15 องศาเซลเซียส เมื่อเปรียบเทียบค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบ ยอดอ่อน ผล และรากของผักแต้ว พบว่าในส่วนของใบจะแสดงความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงที่สุดในทุกอุณหภูมิ

2.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

ในการทำการมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยใช้ Catechol เป็นสารมาตรฐาน ทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent วัดค่าการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นที่ความยาวคลื่น 650 นาโนเมตร ได้กราฟที่มีลักษณะเป็นเส้นตรง ดังภาพที่ 4.5



ภาพที่ 4.5 กราฟมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก

จากการทำการมาตรฐานสำหรับวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก เมื่อนำตัวอย่าง คือ ส่วนต่างๆของผักแต้ว มาทำวัดค่าการดูดกลืนแสงและเทียบกับกราฟมาตรฐาน นำค่าที่ได้คำนวณออกมาในรูปของ มิลลิกรัม ต่อ 100 กรัม น้ำหนักสด ได้ผลตามตารางที่ 4.2 -4.5

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของใบผักแต้ว (N = 3)

อุณหภูมิ (°C) วันที่	Total phenolics (mg /100g fresh weight)		
	0	15	25
0	132.83	132.83	132.83
2	130.44	131.23	130.76

4	131.33	132.00	132.81
6	129.98	131.92	131.05
8	129.99	130.98	130.87
10	130.12	130.23	130.97
12	131.09	131.45	131.04
14	131.23	131.07	131.01

จากตารางแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของใบผักแม้ว มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 132.83 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาจะมีการลดลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียงเล็กน้อยในทุก ๆ อุณหภูมิ

ตารางที่ 4.3 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของยอดอ่อนผักแม้ว (N = 3)

อุณหภูมิ (°C) วันที่	Total phenolics (mg /100g fresh weight)		
	0	15	25
0	130.32	130.32	130.32
2	130.09	130.21	130.00
4	129.67	130.11	129.43
6	129.94	129.57	129.87
8	129.32	129.43	129.54
10	127.98	128.33	128.45
12	128.23	127.59	128.09
14	128.21	127.74	128.11

จากตารางแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของยอดอ่อนผักแม้ว มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 130.32 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาจะมีการลดลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียงเล็กน้อยในทุก ๆ อุณหภูมิ

ตารางที่ 4.4 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของผลผักแม้ว (N = 3)

อุณหภูมิ (°C) วันที่	Total phenolics (mg /100g fresh weight)		
	0	15	25

0	125.98	125.98	125.98
2	125.95	125.86	125.45
4	126.04	125.64	125.32
6	125.76	125.94	124.78
8	125.33	125.32	124.32
10	125.07	125.32	124.41
12	124.67	125.67	124.25
14	125.01	125.28	124.01

จากตารางแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของผลผักแม้ว มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 125.98 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาจะมีการลดลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียงเล็กน้อยในทุก ๆ อุณหภูมิ

ตารางที่ 4.5 ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของรากผักแม้ว (N = 3)

อุณหภูมิ (°C) วันที่	Total phenolics (mg /100g fresh weight)		
	0	15	25
0	125.32	125.32	125.32
2	125.60	125.34	125.30
4	125.21	124.87	124.63
6	124.32	124.56	124.05
8	124.05	123.99	124.11
10	123.46	124.02	123.85
12	123.78	123.95	123.45
14	123.43	124.01	123.07

จากตารางแสดงให้เห็นว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในส่วนของรากผักแม้ว มีค่าเริ่มต้นเท่ากับ 125.32 มิลลิกรัม/ 100 กรัมน้ำหนักสด ซึ่งในระหว่างการเก็บรักษาจะมีการลดลงปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียงเล็กน้อยในทุก ๆ อุณหภูมิ

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการศึกษาเพื่อศึกษาคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ วิเคราะห์หาปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดในผักแม้ว และตรวจสอบเปรียบเทียบการเป็นคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระและสารประกอบฟีนอลิกในส่วนต่าง ๆ ของผักแม้ว คือ ใบ ยอดอ่อน ผล และราก เนื่องจากผู้บริโภคนิยมนำผักแม้วสดมาประกอบอาหาร การเก็บรักษาจึงเป็น กระบวนการที่สำคัญ ผู้ทำการวิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างๆ คือ 0 15 และ 25 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 14 วัน โดยทำการวันค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระทุก ๆ 2 วัน จากการศึกษาหาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในครั้งนี้ จะแสดงผลออกมาในรูปของ ค่า เปอร์เซ็นต์แอคติวิตีของสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant activity (%)) ซึ่งค่าที่ได้จะบอกถึงศักยภาพ ในการเป็นสารแอนติออกซิแดนซ์ นั่นคือถ้าพืช ผัก หรือสมุนไพรชนิดใดมีค่าเปอร์เซ็นต์แอคติวิตีของ สารต้านอนุมูลอิสระสูงก็หมายความว่าพืช ผัก หรือสมุนไพรชนิดนั้นมีความเป็นแอนติออกซิแดนซ์สูง ด้วย โดยผู้ทำการวิจัยใช้วิธีการเกิดปฏิกิริยาเบต้า-แคโรทีน และกรดลิโนเลอิก ตามวิธีของ Mahuya et al., 2007 สามารถสรุปได้ว่า ส่วนของใบ ค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบที่อุณหภูมิ 0 และ 15 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระน้อยคือมี แนวโน้มลดลงเล็กน้อย สำหรับที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่อนข้างมีการเปลี่ยนแปลงมาก ส่วน ของยอดอ่อน ที่อุณหภูมิ 0 และ 15 องศาเซลเซียส จะมีการเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการ ต้านอนุมูลอิสระน้อย สำหรับที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ค่อนข้างมีการเปลี่ยนแปลงมาก ในส่วน ของผลผักแม้วค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดจากวันเริ่มต้นจนถึง วันที่ 14 แนวโน้มของค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีค่าลดลงมาก ในส่วนของราก แนวโน้ม ของค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระมีแนวโน้มลดลงทั้งหมด ที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส มี แนวโน้มลดลงน้อยที่สุด

การเก็บรักษาผักแม้วที่อุณหภูมิ 0 15 และ 25 องศาเซลเซียส มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของอุณหภูมิ 0 และ 15 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มเปลี่ยนแปลงลดลงเล็กน้อย พบว่าที่อุณหภูมิ 0 มีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด และค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส มีค่าสูงที่สุด จากค่าเริ่มต้นของวันแรกในการวัด และที่ 25 องศาเซลเซียส มีแนวโน้มลดลงมากที่สุด แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิมีผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผักแม้ว สำหรับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกอุณหภูมิ 0 15 และ 25 องศาเซลเซียส ในระหว่างการเก็บจะมีการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียงเล็กน้อยในทุกๆ อุณหภูมิการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพียงเล็กน้อยนั้น แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกแต่อย่างไร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ทำการศึกษาคูณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในมะเขี๋ยงสด ระหว่างการเก็บรักษาโดยวิธีแช่เย็นที่สรุปได้ว่ามะเขี๋ยง ในการเก็บรักษามะเขี๋ยงโดยเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 0 4 และ 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 11 วัน ทำการวิเคราะห์ส่วนประกอบทางเคมี สารต้านอนุมูลอิสระ และคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าปริมาณแอนโทไซยานิน ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และความสามารถในการรีดิวซ์เพิ่มขึ้นมากที่สุดที่อุณหภูมิ 8 องศาเซลเซียส แต่พบการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุดที่อุณหภูมิ 0 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตาม ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดไม่มีการเปลี่ยนแปลงในทุกสภาวะ (วรังกศิริ เข้มสวัสดิ์และคณะ 2549) เนื่องจากกระบวนการทดลอง การเก็บรักษา และการเตรียมตัวอย่าง เพื่อการวิเคราะห์ ทำให้มีการสัมผัสอากาศ แสง และโลหะ การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถรักษาความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้

บรรณานุกรม

- กมลวรรณ (กุหลาบวงษ์) นันทเพ็ชร. “ต่อสู้อนุมูลเสรีด้วยตัวต้านออกซิเดชัน,” *อาหารและสุขภาพ*. 2544. 13(89) : 34 – 42.
- นิพนธ์ ไชยมงคล. “ชาโยเต้,” 2551. http://www.agric-prod.mju.ac.th/vegetable/File_link/chayote.pdf (16 ตุลาคม 2551)
- นวลศรี รักอริยะธรรม และอัญญา เจนวิถีสุข. แอนติออกซิเดนท์ สารต้านมะเร็งในผักสมุนไพรไทย. เชียงใหม่ : นพบุรีการพิมพ์, 2545
- พิชญ์ ใหมสุทธิสกุล. “Antioxidative Potential and Antioxidant Activity Determination of Plant Extracts,” *วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*. 2547. 2,24 (พ.ค.- ส.ค. 2547) : 18-35
- พิชญ์ ใหมสุทธิสกุล. “ตัว ผักไม่ธรรมดา ช่วยต้านอนุมูลอิสระ-ยังยั้งการหืนในอาหารได้,” 2549 [http://sc-foodsystem.mypage.utcc.ac.th/front/bin/ptdetail.phtml?Part=pitchaon](http://sc-foodsystem.mypage.utcc.ac.th/front/bin/ptdetail.phtml?Part=pitchaon&Rcg=355) &Rcg=355 (10 ธันวาคม 2549)
- พรทิพย์ วิรัชวงศ์. “อนุมูลอิสระ (Free radicals)/สารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidants),” 2550. <http://www.gpo.or.th/rdi/html/antioxidants.html> (26 มีนาคม 2550)
- วงศ์ศิริ เข้มสวัสดิ์และคณะ. “การศึกษาคุณสมบัติของสารต้านอนุมูลอิสระในมะเขือขีตระหว่าง การเก็บรักษาโดยวิธีแช่เย็น,” 2549. http://www.irpus.org/project_file/RPUS1_R14803005.pdf (15 ตุลาคม 2549)
- วัฒนาเนาวรัตน์วัฒนา และพัชรี บุญศิริ. “โปรออกซิเดนท์ : อีกโฉมหน้าของแอนติออกซิเดนท์,” *วารสารวิทยาศาสตร์*. 53,3 (พ.ค.- มิ.ย. 2542) : 196-198
- สมทรง เลขะกุล. *ชีวเคมีของวิตามิน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ศุภนิชการพิมพ์, 2543
- อัญญา เจนวิถีสุข. การตรวจหาและบ่งชี้ชนิดสารต้านอนุมูลอิสระจากผักพื้นบ้านและสมุนไพรไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2545

- Aung, L.H., A. Ball and Kushad. “**Developmental and Nutritional aspects of chayote (*Sechium edule*, Cucurbitaceae).**” Econ. Bot., 1990. 44: 157-164.
- Arusa Chaovanalikit. “**Anthocyanins, total phenolics, and antioxidant capacity of bluehoneysuckles.**” In Abstracts and A CD articles of The 30th Congress on Science and Techonology of Thailand, October 19-21, 2004. Impact Exhibition and Convention Center, Muang Thang Thani, Bangkok, Thailand.
- Brown, Elizabeth. “**EDTA Chelation Therapy,**” 2006. <http://healthpsych.psy.vanderbilt.edu/EDTACHelation.htm> (4 April 2007)
- Engels, J.M.M. “**Variation in *Sechium edule* Sw. in Central America.**” J.Am.Soc.Hort.Sci., 1983. 108:706-710.
- Mahuya Bandyopadhyay., Runu, Chakraborty. and Utpal, Raychaudhuri. “Antioxidant activity of natural plant sources in dairy dessert (Sandesh) under thermal treatment.” **LWT.**, 2008. 41(2008) : 816–825
- Javanmardi J. and other. “Antioxidant activity and total phenolic content of Iranian Ocimum accessions.” **J. Food Chemistry.**, 2003. 83 : 547-550
- Charanjit Kaur and Harish C. Kapoor. “Anti-oxidant activity and total phenolic content of some Asian vegetables.” **International Journal of Food Science and Technology** ,2002. 37: 153-161
- Labadarios, Demetre.” **Vitamin A,**” **Nutrition**, 2006. http://www.sahealthinfo.org/nutrition/vitaminminerals/vitamins/vitamin_a.htm (4 April 2007)
- Lopez-Velez M, Martinez-Martinez F, and Del Valle-Ribes C. “The study of phenolic compounds as natural antioxidants in wine.” **Crit Rev Food Sci Nutr.**, 2003. 43(3) : 233-44
- Paganga G, Miller N and Rice-Evans CA. **The polyphenolic content of fruit and Vegetables and their antioxidant activities. What does a serving constitute?.** 1999.
http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?db=pubmed&cmd=Retrieve&dopt=AbstractPlus&list_uids=10193583&query_hl=1&itool=pubmed_docsum (11 Jan 2007)
- Singleton, V. L. and J. A. Rossi. “Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents.” **American Journal of Enology Viticulture.**, 1965. 16 : 144–158
- Zielinski, Henryk and Halina Kozłowska. “Antioxidant Activity and Total Phenolic in

Selected Cereal Grain and Their Different Morphological Fractions.” **J. Agric. Food Chem.**, 2000 48(6) : 2008-16

ภาคผนวก

เครื่องมือและอุปกรณ์



ภาพที่ ผ.1 แสดงเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง



ภาพที่ ผ.2 แสดงเครื่องหมุนเหวี่ยง



ภาพที่ ผ.3 แสดงอ่างควบคุมอุณหภูมิแบบเขย่าได้



ภาพที่ ผ.4 แสดงเครื่องยูวี-วิสเบิล สเปกโตร

โฟโตมิเตอร์