บทที่ 1
บทนำ

1. บทนำรวม

ในปัจจุบันประชาชนมีความนิยมผลิตภัณฑ์สมุนไพร ทั้งภายในประเทศ และต่างประเทศเพิ่มมากขึ้นทุกปี ซึ่งมีทั้งในรูปของยา เครื่องสำอาง อาหารเสริม เครื่องดื่มประเภทชาชง และอาหารชนิดต่างๆ ที่มีสมุนไพรเป็นส่วนผสม จากผลการวิจัยที่พบว่า กระเจี๊ยบแดงสามารถปลูกได้ดีในสวนยางทางภาคใต้ โดยเฉพาะในเขตจังหวัดสงขลา มีศักยภาพไม่เพียงแต่ใช้ทำเป็นผลิตภัณฑ์ยาและเครื่องสำอางในรูปของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง ยังมีคุณสมบัติในการยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ทั้งจุลินทรีย์ประเภทก่อโรค และจุลินทรีย์ประเภทที่ทำให้อาหารเสื่อมเสีย และยังพบว่าสารสกัดกระเจี๊ยบแดงและกากกระเจี๊ยบแดงยังมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระที่ดี สารสกัดกระเจี๊ยบแดงและกากกระเจี๊ยบแดง จึงมีศักยภาพสูงในการที่จะนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารประเภทต่างๆ ได้แก่ อาหารจำพวกซอส เช่น ซอสจากกระเจี๊ยบแดง เป็นต้น โดยที่ผลิตภัณฑ์ยังคงไว้ซึ่งคุณสมบัติที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ และยังเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีศักยภาพ สามารถนำไปสู่การพัฒนาเป็นสินค้าหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ของชุมชนได้

กระเจี๊ยบแดงมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Hibiscus sabdariffa* อยู่ในวงศ์ Malvaceae ส่วนที่นำมาใช้ในทางอาหารคือกลีบเลี้ยง และกลีบรองดอกมีสารสำคัญที่พบคือ สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoid) ชื่อ ไคลแซนทีมิน (crysanthemin), เดลฟินิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ (delphinidin-3-sambubioside), ไมริซีทิน (myricetin), ฮิบิสซีทิน (hibiscetin) สารกลุ่มเฟลนิลโพรพานอยด์ (phenylpropanoid) ชื่อ ออร์โธคูมาริก แอซิด (orthocoumaric acid), พาราคูมาริก แอซิด (paracoumaric acid), เฟอรูลิก แอซิด (ferulic acid) และ สารมีสีในกลุ่มแอนโทไซยานิน (anthocyanin) กลีบเลี้ยงของกระเจี๊ยบแดงยังใช้เป็นยาขับปัสสาวะ สำหรับสารสกัดชั้นน้ำของกระเจี๊ยบยังมีฤทธิ์ลดความดันโลหิตในคน และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้สารสกัดชั้นแอลกอฮอล์มีฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรีย และเชื้อรา ได้แก่ *Escherichia coli, Proteus vulgari, Staphylococcus aureus* และ *Candida albican* กระเจี๊ยบแดงจึงมีแนวโน้มสามารถนำมาดัดแปลงใช้เป็นอาหารที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพได้

จากผลการทดลองในงานวิจัยเรื่อง การพัฒนาสารสกัดกระเจี๊ยบแดงเพื่อใช้ในเครื่องสำอางและอาหารเสริมสุขภาพ (อรุณพร อิฐรัตน์ และคณะ, 2548) พบว่า สารสกัดกระเจี๊ยบแดงในรูปผงแห้ง มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ อ่านค่า EC_{50} ได้ประมาณ 11.3 ถึง 15.1 ไมโครกรัม

ของสารสกัดกระเจี๊ยบแดง/มล.ของตัวทำละลาย ขึ้นกับวิธีการในการทำแห้งสารสกัด จากงานวิจัยดังกล่าวสนับสนุนให้เห็นว่า สารสกัดกระเจี๊ยบแดงมีศักยภาพในการพัฒนาเป็นอาหารเสริมสุขภาพได้อย่างดียิ่ง อย่างไรก็ดี เพื่อสามารถสนับสนุนการนำกระเจี๊ยบแดงมาใช้ประโยชน์ได้อย่างครบวงจร การนำทั้งสารสกัดกระเจี๊ยบแดง และกากกระเจี๊ยบแดงที่เหลือจากกระบวนการสกัดของสารสกัด มาใช้ประโยชน์ในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหาร ที่เน้นการคงไว้ของผลิตภัณฑ์ในเรื่องคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของกระเจี๊ยบแดง จึงเป็นแนวทางหนึ่งที่มีศักยภาพและมีความเป็นไปได้สูง งานวิจัยนี้จึงนำกากกระเจี๊ยบแดงที่ได้จากกระบวนการสกัดสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงมาใช้ประโยชน์ในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ซอส โดยทำการหาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัด และการผลิตสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาคของสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผงด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พัฒนากระบวนการผลิตซอสจากกากกระเจี๊ยบแดง และศึกษากระบวนการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์ซอสจากกากกระเจี๊ยบแดง

2. ตรวจเอกสาร

2.1 กระเจี๊ยบแดง

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

กระเจี๊ยบแดงมีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Hibiscus sabdariffa* อยู่ในวงศ์ Malvaceae มีชื่อสามัญว่า roselle หรือ red roselle กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชล้มลุกตระกูลเดียวกับชบา ปอ และฝ้าย ซึ่งมีอยู่ 1,500 ชนิด และหลายพันธุ์ แต่ส่วนมากจะมีลำต้นสีม่วงอมแดง และมีทรงพุ่มตั้งตรง สูงประมาณ 50-200 ซม. มีใบชนิดสามัญมี 3-5 แฉกแตกใบเดียวสลับกัน เส้นใบเป็นแบบนิ้วมือ หัวใบรีแหลมแบ่งออกเป็น 3 แฉกและมีขอบใบเรียบ มีหูใบ ตาดอก เกิดบริเวณง่ามใบ ก้านดอกสั้น มีเกสรตัวผู้และตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน ผลมีลักษณะเป็นแคปซูลจำนวน 5 กระเปาะ ห่อหุ้มด้วยกลีบดอกมี 2 ชั้นๆละ 5 กลีบ ยาวประมาณ 5-8 ซม. มีสีแดงชุ่มน้ำกลีบชั้นในด้านล่างติดกับเกสรตัวผู้

กระเจี๊ยบแดงมีถิ่นกำเนิดมาจากแอฟริกากลาง และเป็นพืชที่ปลูกทั่วไปในประเทศที่อยู่เขตร้อน สำหรับประเทศไทยพบว่าปลูกมากในเขตจังหวัดสระบุรี เป็นพืชที่ชอบอากาศร้อน สามารถปลูกได้ในดินเกือบทุกชนิด แต่ไม่ชอบดินที่มีน้ำขัง ค่อนข้างทนแล้ง ต้องการน้ำช่วงต้นกระเจี๊ยบยังเล็กอยู่ เมื่อโตมีความต้องการน้ำน้อยลง กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชที่ตอบสนองต่อช่วงแสง จะออกดอกเมื่อมีช่วงแสงน้อยกว่า 12 ชม.ต่อวัน ฉะนั้นจึงปลูกได้ดีในช่วงปลายฤดูฝน (กรกฎาคม-สิงหาคม) เพราะมีเวลาเจริญเติบโตทางลำต้นเพียงพอที่จะให้ผลผลิตกระเจี๊ยบแดงได้สูงสุด ถ้าปลูกช่วงต้นฤดูฝน (พฤษภาคม-มิถุนายน) หรือก่อนระยะเวลาปลูกที่เหมาะสมจะให้ผลผลิตต่ำ เนื่องจาก

กระเจี๊ยบแดงจะมีทรงต้นใหญ่ แต่ให้ปริมาณกระเจี๊ยบแดงน้อยเช่นเดียวกับการปลูกในช่วงฤดูหนาว หรือปลูกหลังฤดูปลูกที่เหมาะสม (สุรพงษ์ เจริญรัตน์ และคณะ, 2545)

พันธุ์กระเจี๊ยบแดงที่ปลูกกันในไทย เป็นพันธุ์กลีบดอกสีแดงถึงแดงเข้ม ได้แก่ พันธุ์ซูดาน และพันธุ์บราซิล เป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากเยอรมนีตะวันตก มีลักษณะกลีบโต สีแดงเข้ม กลีบดอกหนา ให้ผลผลิตค่อนข้างสูง นอกจากนี้ยังมีพันธุ์ S2760 เป็นพันธุ์ที่ให้ดอกค่อนข้างดก สีแดง แต่มีข้อเสียที่กลีบดอกค่อนข้างบาง เมื่อแยกกลีบดอกออกแล้ว สามารถเอาเมล็ดในกระเปาะมาทำพันธุ์ได้ กระเปาะเมล็ดเมื่อแห้งจะแตกออกเอง (ณรงค์ เหล่าโชติ และ เนาวรัตน์ เสริมศรี, 2536)

กระเจี๊ยบแดงในส่วนที่ใช้ทำอาหารจะเป็นกลีบดอกมี 5 แฉกติดกัน มีรสเปรี้ยว ต้นกระเจี๊ยบแดงในขณะที่ยังเล็กอยู่มีลักษณะคล้ายต้นฝ้ายไม่มีแฉกตามขอบใบ เมื่อโตขึ้นใบจึงมีแฉกแยกออกเป็น 5 แฉก ผลมีสีแดงเข้มหรือแดงดำ ใบที่ติดกับผลหรือดอกไม่มีแฉกหรือมีก็เพียง 3 แฉก ใบช่อหนึ่ง ๆ จะมีผลเพียงผลเดียว ซึ่งแตกออกมาจากซอกของใบ กลีบดอกมีกรดมาลิกมากจึงทำให้มีรสเปรี้ยวและอุดมไปด้วยสารเพกติน เมล็ดมีรสขมประกอบด้วยน้ำมัน 26-27% และสารโปรตีนพวกอัลลูมินอยด์ (บุญเทียม ดิษฐ์แย้ม, 2517) กลีบกระเจี๊ยบแดงจัดเป็นพืชสมุนไพรไทย เนื่องจาก มีสรรพคุณทางยาคือ ใช้เป็นยาขับปัสสาวะ และใช้ลดความดัน (พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ, 2537)

ปัจจุบันได้มีการนำกระเจี๊ยบแดงมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์อาหารหลายชนิด ได้แก่ แยมกระเจี๊ยบ น้ำกระเจี๊ยบหวาน กระเจี๊ยบแช่อิ่ม เมรัยหรือน้ำผลไม้หมัก เป็นต้น นอกจากที่ได้กล่าวมาแล้วยังสามารถนำกระเจี๊ยบแดงมาทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้อีก เช่น เยลลี่ มามาร์เลด ส่วนลำต้นของกระเจี๊ยบแดงยังสามารถที่จะนำไปฟอกเพื่อใช้เส้นใยไปทำผลิตภัณฑ์ต่างๆได้เช่นเดียวกับปอแก้ว หรือปอกระเจา ใช้ทอกระสอบหรือทำเป็นเชือกได้ (บุญเทียม ดิษฐ์แย้ม, 2517)

กระเจี๊ยบแดงเมื่อเก็บเกี่ยวมาแล้วจะผ่านกระบวนการแปรรูปขั้นต้น โดยการกระทุ้งเอากระเปาะเมล็ด ซึ่งอยู่บริเวณตรงกลางดอกออกก่อน แล้วนำไปตากแดด 3 ถึง 5 วันให้แห้ง กลีบกระเจี๊ยบแดงสดจำนวน 8 ถึง 10 กก. เมื่อตากแห้งแล้วก็จะได้กลีบกระเจี๊ยบแดงแห้งประมาณ 1 กก. (ณรงค์ เหล่าโชติ และ เนาวรัตน์ เสริมศรี, 2536) สำหรับงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาถึงการสกัดสารสกัดกระเจี๊ยบแดงผง และการผลิตซอสจากกากกระเจี๊ยบแดง โดยจะทำการสกัดสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง และนำกากกระเจี๊ยบแดงที่ได้ภายหลังกระบวนการสกัด มาใช้ในการผลิตซอสกระเจี๊ยบแดงเพื่อเป็นการนำวัสดุเศษเหลือมาใช้ให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังเน้นคุณสมบัติการคงไว้ซึ่งฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดง

2.2 คุณค่าทางอาหารของกระเจี๊ยบแดง

กระเจี๊ยบแดงเป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหาร เป็นแหล่งของวิตามินและใยอาหารที่สำคัญ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในกลีบกระเจี๊ยบแดง 100 ก. พบว่ากระเจี๊ยบแดงมีปริมาณคาร์โบไฮเดรตสูงถึง 68.75% เยื่อใย 4.69% และพบวิตามินเอในปริมาณสูงถึง 10,833 IU นอกจากนี้ยังมีกรดแอสคอร์บิก 16.67 มก. สำหรับองค์ประกอบทางเคมีและสารอาหารอื่นๆ ที่พบในกลีบกระเจี๊ยบแดง 100 ก. แสดงในตารางที่1-1

ตารางที่ 1-1 สารอาหารและองค์ประกอบทางเคมีของกลีบกระเจี๊ยบแดง100 ก. ในหน่วยมาตรฐานเปียก

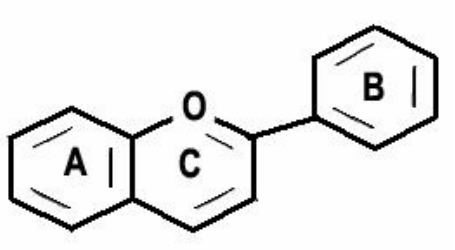
Table 1-1 Nutrient and proximate composition of roselle calyces per 100 g (wet basis).

Composition of roselle calyces	
Ash content (g)	12.24
Fat content (g)	2.01
Crude fiber (g)	4.69
Protein content (g)	4.71
Moisture content (g)	7.60
Carbohydrate content (g)	68.75
Calcium (mg)	12.65
Phosphorus (mg)	36.30
Iron (mg)	3.22
Vitamin A (IU)	10,833
Thiamin (mg)	0.01
Riboflavin (mg)	0.24
Niacin (mg)	4.50
Ascorbic acid (mg)	16.67

ที่มา : ดัดแปลงจาก Adanlawo และ Ajibade (2006)

2.3 แอนโทไซยานิน (anthocyanins)

แอนโทไซยานินเป็นไกลโคไซด์ (glycosides) ของแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidin) โครงสร้างพื้นฐานในโมเลกุลของแอนโทไซยานิดิน ประกอบด้วยวงแหวนเบนโซไพแรน (benzopyran) 2 วงต่อกับวงแหวนฟีนิล (phynyl ring) ซึ่งมีสูตรโครงสร้างดังแสดงในภาพที่1-1



ภาพที่ 1-1 โครงสร้างของแอนโทไซยานิดิน

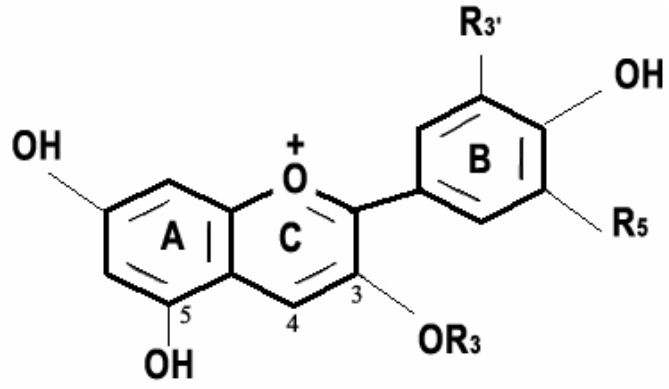
Figure 1-1 Structure of the anthocyanidin.

ที่มา : นิธิยา รัตนาปนนท์ (2545)

แอนโทไซยานิดินจะไม่อยู่ในรูปอิสระในเซลล์ของพืช เพราะจะไม่มีความคงตัวและไม่สามารถละลายได้ในน้ำ เราจึงมักพบแอนโทไซยานิดินจับตัวกับหมู่ของน้ำตาลจำนวนหนึ่งหมู่หรือมากกว่า เกิดเป็นแอนโทไซยานินเสมอ น้ำตาลในส่วนของแอนโทไซยานินมีเพียง 5 ตัว คือ แรมโนส กลูโคส กาแลคโตส ไซโลส และอะลาบิโนส ดังนั้นในเซลล์ของพืชเราจึงมักพบแอนโทไซยานินในรูปไกลโคซิดิก (glycosidic forms) ซึ่งมีผลทำให้มีเสถียรภาพ (stability) เพิ่มขึ้น อีกทั้งยังทำให้สามารถละลายในเซลล์ของพืชชนิดต่างๆได้มากขึ้น และสามารถแยกน้ำตาลที่จับอยู่กับแอนโทไซยานิดินด้วยการไฮโดรไลซิสด้วยกรด (รัชนี ตัณฑะพานิชกุล, 2526) ซึ่งแอนโทไซยา-นิดินที่พบมากในพืชมีเพียง 6 ชนิด คือ พีลาร์โกนิดิน (pelargonidin), ไซยานิดิน (cyanidin), พีโอนิดิน (peonidin), พิทูนิดิน (petunidin), เดลฟินิดิน (delphinidin) และ มัลวิดิน (malvidin) (He, 2004)

He (2004) รายงานว่าแอนโทไซยานินเป็นไกลโคไซด์ของสารประกอบที่มีโครงสร้างเป็น C15 ที่มีการจัดเรียงตัวแบบ C-6 (วงแหวนA ภาพที่1-2) -C-3 (วงแหวนC ภาพที่1-2) -C-6 (วงแหวนB ภาพที่1-2) หรือที่รู้จักกันในชื่อของฟลาโวนอยด์ ซึ่งในธรรมชาตินั้นฟลาวิเลียมนิวเคลียสในรงควัตถุของแอนโทไซยานินเป็นสารที่มีอิเล็กตรอน ซึ่งจะทำให้มีความว่องไวเป็นพิเศษในการทำปฏิกิริยา เช่น ปฏิกิริยาออกซิเดชัน ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมักทำให้เกิดการฟอกสีของรงควัตถุ เป็นต้น แอนโทไซยานินสามารถละลายได้ในแอลกอฮอล์ และในน้ำ นอกจากนี้ยังสามารถ

ถูกออกซิไดส์ได้ง่ายซึ่งก่อให้เกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาล (browning reaction) การเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานินจะขึ้นกับปัจจัย 2 ประการคือ โครงสร้างทางเคมี และค่าพีเอชของสารละลาย จำนวนของหมู่ไฮดรอกซิล (hydroxyl group) บนวงแหวนฟีนิลของแอนโทไซยานินจะมีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน ซึ่งถ้ามีจำนวนมากขึ้นจะทำให้มีสีน้ำเงินมากขึ้น และการแทนที่หมู่เมททอกซี่ (methoxy group) ที่ตำแหน่งที่ 3 และ 5 จะเพิ่มสีแดงมากขึ้น และระดับสีของแอนโทไซยานินขึ้นอยู่กับค่า พีเอช ซึ่งถ้าอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดจะมีสีแดง และเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกลางหรือเป็นด่างสีจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงหรือสีน้ำเงิน (นิธิยา รัตนาปนนท์, 2545) ซึ่งโครงสร้างของแอนโทไซยานินชนิดต่างๆ แสดงดังภาพที่1-2



Compound	$R_{3'}$	R_5	R_3
Pelargonidin	H	H	H
Cyanidin	OH	H	H
Peonidin	OCH_3	H	H
Petunidin	OCH_3	OH	H
Delphinidin	OH	OH	H
Malvidin	OCH_3	OCH_3	H
Cyanidin -3- ß-glucoside	OH	H	ß-glucose
Delphinidin -3- ß-glucoside	OH	OH	ß-glucose
Malvidin -3- ß-glucoside	OCH_3	OCH_3	ß-glucose

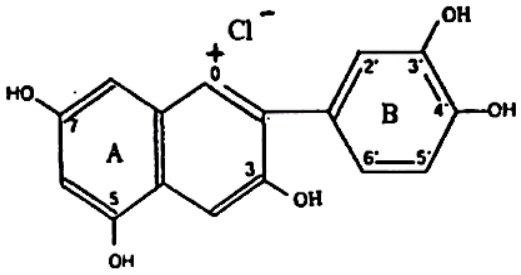
ภาพที่ 1-2 โครงสร้างของแอนโทไซยานินชนิดต่างๆ

Figure 1-2 Structure of the various anthocyanins.

ที่มา : Borkowski และคณะ (2005)

2.4 คุณสมบัติทางเคมีของแอนโทไซยานิน

Fuleki (1967) กล่าวว่าแอนโทไซยานินที่พบโดยทั่วไปมีโครงสร้างพื้นฐานคือ 3,5,7,3′,4′-เพนตะไฮดรอกซีฟลาวิเลียม (3,5,7,3′,4′-pentahydroxy flavylium) หรือ ไซยานิดินแคทไอออน (cyanidin cation) ดังแสดงในภาพที่ 1-3



ภาพที่ 1-3 โครงสร้างไซยานิดินแคทไอออน

Figure1-3 Structure of cyanidin cation.

ที่มา : Fuleki (1967)

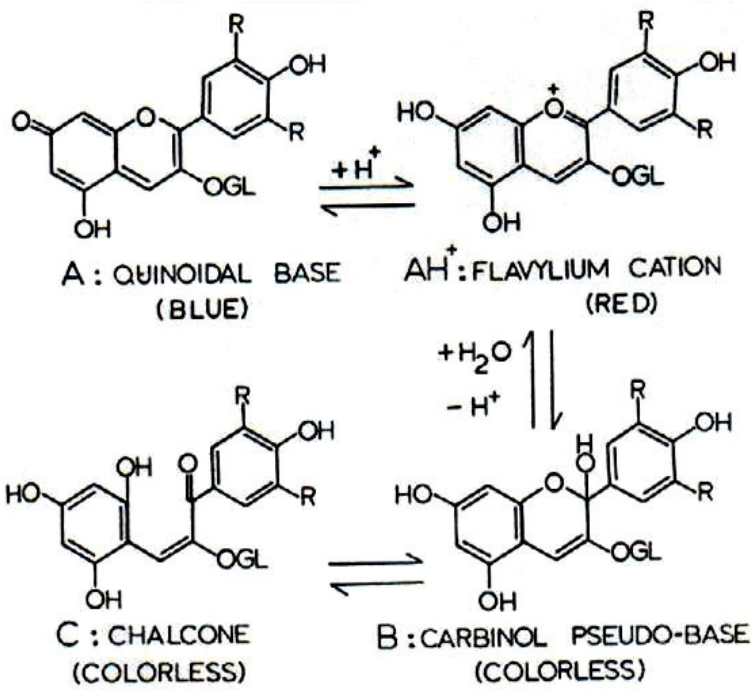
ในธรรมชาติแอนโทไซยานินที่พบมากจะมีโครงสร้างอย่างง่าย เนื่องจากยังมีการเปลี่ยนแปลงในระดับต่ำสุด ได้แก่ ไซยานิดินไกลโคไซด์ (cyanidin glycosides) และด้วยกระบวนการควบคุมทางพันธุกรรม (genetically control) การเติม (addition) การย้ายออก (removal) หรือจากกระบวนการเติมหมู่เมธิล (methylation) ที่หมู่ไฮดรอกซิลของแอนโทไซยานิดิน หรือที่วงแหวน B (ในภาพที่ 1-2) ทำให้เกิดเป็นแอนโทไซยานิดินที่เป็นองค์ประกอบของแอนโทไซยานินชนิดต่างๆ ที่มีลักษณะแตกต่างกัน (He, 2004) ซึ่งแสดงให้เห็นในภาพที่ 1-2

แอนโทไซยานินที่พบทั่วไปมักพบในรูปของโมโน-ไกลโคไซด์ (mono-glycoside) หรือ ไค-ไกลโคไซด์ (di-glycosides) ซึ่งการจับของหมู่น้ำตาลกับโครงสร้างฟลาวิเลียม (flavylium skeleton) ของแอนโทไซยานิน จะมีผลต่อการละลายในช่องว่าง (air sac) ในเซลล์ของพืช รวมถึงความคงตัวของแอนโทไซยานิน แอนโทไซยานินเมื่ออยู่ในสภาพกรดหรือเกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสที่มีเอนไซม์เป็นส่วนร่วม (enzymatic hydrolysis) จะทำให้แตกออกเป็นแอนโทไซยานิดิน และน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวชนิดหนึ่งหรือมากกว่า จะเห็นได้ว่าน้ำตาลที่พบมากในโมเลกุลของแอนโทไซ-ยานิน คือ น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวจำนวนสองชนิด (biosides) หรือหนึ่งชนิด (monosides) เป็นส่วนใหญ่ โดยที่การมีน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวถึงสามชนิด (triosides) จะมีอัตราการเกิดได้น้อยมาก สำหรับการจับตัวของหมู่น้ำตาลในโมเลกุลของแอนโทไซยานินจะเกิดมากที่สุดที่ตำแหน่ง 3-OH แต่ใน

กรณีที่มีการจับตัวของหมู่น้ำตาลมากกว่าหนึ่งชนิด ก็จะไปจับกับโครงสร้างของแอนโทไซยานิน ที่ตำแหน่ง 5-OH และเกิดน้อยมากที่ตำแหน่ง 7-OH โดยน้ำตาลที่มักพบที่ตำแหน่ง 5-OH และ 7-OH ก็คือ น้ำตาลกลูโคส และจากการเกิดไกลโคไซด์กับหมู่น้ำตาลชนิดต่างๆ ทำให้สามารถแบ่งประเภทของแอนโทไซยานินออกเป็น 5 ชนิด ได้แก่ ไซยานิดิน-3-โมโนไซด์ (cyanidin-3-monosides), ไซยานิดิน-3-ไบโอไซด์ (cyanidin-3-biosides), ไซยานิดิน-3-ไตรโอไซด์ (cyanidin-3-triosides), ไซยานิดิน-3,5-ไดไกลโคไซด์ (cyanidin-3-5-diglycosides) และไซยานิดิน-3-7-ไดไกลโคไซด์ (cyanidin-3-7-diglycosides) หรือในบางครั้งอาจเกิดเป็นเอซิลเลทแอนโทไซยานิน (acylated anthocyanins) ที่ทำให้โมเลกุลของแอนโทไซยานินมีความซับซ้อนมากขึ้น (นัยวิท เฉลิมนนท์, 2538)

แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ การเป็นได้ทั้งกรดและเบส (amphoteric nature) โดยเกิดจากการที่แอนโทไซยานินมีออกโซเนียมไอออน (oxonium ion) ที่วงแหวนไพริเลียม (pyrylium ring) จึงทำให้โมเลกุลของแอนโทไซยานินเหมาะสำหรับการเข้าหานิวเคลียส (nucleophilic attack) ซึ่งส่งผลทำให้แอนโทไซยานินสามารถเกิดเกลือกับกรดได้ นอกจากนี้ในโมเลกุลของแอนโทไซยานินที่มีหมู่ไฮดรอกซิลในปริมาณมาก (highly nucleophilic phenolic hydroxyl) ก็ยังช่วยแสดงคุณสมบัติของความเป็นกรดหรือเบสได้ โดยขึ้นอยู่กับค่าพีเอชของตัวกลางที่ใช้ทำละลาย (media) เป็นสำคัญ (Fuleki, 1967)

สำหรับการแสดงสีของแอนโทไซยานิน Nielsen และคณะ (2003) รายงานว่าโครงสร้างของแอนโทไซยานินมีลักษณะเป็นเรโซแนนซ์ (resonance structure) ซึ่งจะมีผลต่อการแสดงระดับสีของแอนโทไซยานิน ตัวอย่างเช่น ในที่ที่มีค่าความเป็นกรดสูง (พีเอชเท่ากับ 1-3) มัลวิดิน-3-กลูโคไซด์ (malvidin-3-glucoside) มักอยู่ในรูปของฟลาวิเลียมแคทไอออน (flavylium cation) ซึ่งจะมีสีแดงสด และมีความคงทนมากที่สุด และเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นเบสจะมีการเคลื่อนที่ (shift) ของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของออกซิเจนเกิดโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นคอนจูเกต (conjugated) ส่งผลให้แอนโทไซยานินมีสีฟ้า และเมื่อมีน้ำเข้ามาเกี่ยวข้อง ฟลาวิเลียมแคทไอออนจะเปลี่ยนโครงสร้างไปอยู่ในรูปที่ไม่มีสี (colorless pseudobase, พีเอชเท่ากับ 6-8) จากการเกิดปฏิกิริยาไฮเดรชัน (hydration) นอกจากนี้แอนโทไซยานินจะมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างไปอยู่ในรูปแคลโคน (chalcone, พีเอชเท่ากับ 6-8) ซึ่งเกิดจากปฏิกิริยาไฮโดรไลซิส (hydrolysis) ทำให้วงแหวนเปลี่ยนลักษณะโครงสร้างไป ดังแสดงในภาพที่1-4 (Fennema, 1985)



ภาพที่1-4 การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของมัลวิดิน-3-กลูโคไซด์ ที่ระดับพีเอชต่างๆ

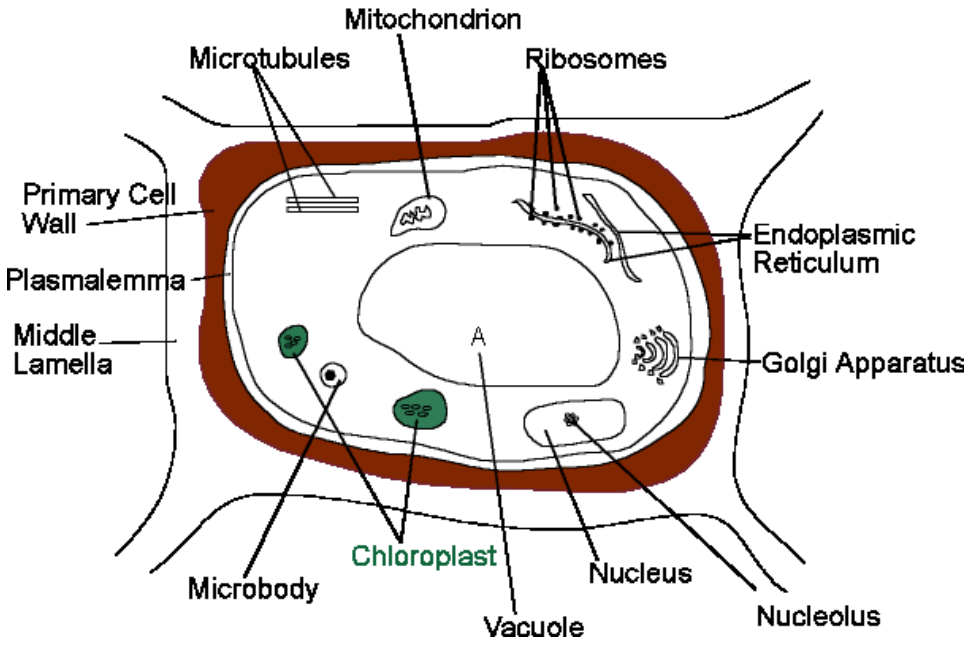
Figure1-4 Structural conformations of malvidin-3-glucoside at different pH levels.

ที่มา : Nielsen และคณะ (2003)

นอกจากค่าพีเอชแล้ว คุณสมบัติของแอนโทไซยานิดินก็มีผลต่อการแสดงสีของแอนโทไซยานินด้วย แอนโทไซยานินจะมีสีเข้มมากขึ้นก็ต่อเมื่อ มีจำนวนของหมู่ไฮดรอกซิลเพิ่มมากขึ้นที่อะไกลโคน (aglycone) และจากการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการจับตัวของหมู่น้ำตาลที่โครงสร้างจากตำแหน่ง3-ไกลโคซิลเลชันเป็น3,5-ไกลโคซิลเลชัน การเกิดเมธิเลชันของหมู่ไฮดรอกซิลหนึ่งหมู่หรือมากกว่า ทำให้แอนโทไซยานินมีสีแดงที่เข้มขึ้น (นัยวิท เฉลิมนนท์, 2538)

2.5 แหล่งของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ละลายในน้ำ ให้สีแดง น้ำเงิน และม่วง ในผักและผลไม้ เช่น กะหล่ำปลีสีม่วง ดอกกระเจี๊ยบ ผลไม้เปลือกแดง เช่น แอปเปิ้ล, ชมพู่สาแหลก, ชมพู่มะเหมี่ยว, และมังคุดจะมีรงควัตถุชนิดนี้ที่เปลือกเท่านั้น ส่วนในเนื้อผลไม้พบว่าไม่มีรงควัตถุชนิดนี้ (BridleandTimberlake, 1997) โดยทั่วๆไปแอนโทไซยานินจะอยู่ภายในเซลล์พืชในส่วนที่เรียกว่าแวคิวโอล (Gould *et al*., 2002) แสดงดังภาพที่ 1-5 (บริเวณ A)



ภาพที่1-5 โครงสร้างเซลล์พืช

Figure1-5 Structure of the plant cell.

ที่มา : www.eng.auburn.edu/plant_cell_structure.gif

แอนโทไซยานินมักอยู่บริเวณชั้นนอกของดอก ผล ใบ ราก หรือ หัวใต้ดิน แม้กระทั่งกิ่งก้าน ตัวอย่างเช่น

ดอก จะพบแอนโทไซยานินในดอกไม้แทบทุกชนิด โดยเฉพาะในกลีบดอก ยกเว้นดอกดาวเรืองและดอกทานตะวัน

ผล จะพบแอนโทไซยานินในผลสีแดง และสีม่วง ของแอปเปิล องุ่น หมากแดง ผลสีน้ำเงินของบลูเบอรี ซึ่งบลูเบอรีนี้จัดว่าเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่สำคัญ และมีการนำมาสกัดใช้ในภาคอุตสาหกรรม

เมล็ด จะพบแอนโทไซยานินในเมล็ดธัญพืชที่มีสีแดงปนอยู่ เช่น ข้าวเหนียวดำ

ใบ จะพบแอนโทไซยานินในกะหล่ำปลีสีม่วง หอมแดง และในใบไม้ทั่วๆไป โดยจะปะปนอยู่กับคลอโรฟิลล์และแคโรทีนอยด์

ราก จะพบแอนโทไซยานินในหัวผักกาดแดง (สัมพันธ์ คัมภิรานนท์, 2546)

เม็ดสีแอนโทไซยานินพบได้ในพืชหลายพันธุ์ Henry (1992 อ้างโดย นัยวิท เฉลิมนนท์, 2538) รายงานว่า พืชหลายชนิดเป็นแหล่งวัตถุดิบที่มีประสิทธิภาพ สำหรับการนำมาใช้ในการสกัดแอนโทไซยานินในระดับอุตสาหกรรม เช่น ผิวองุ่นจากอุตสาหกรรมไวน์ สารละลาย

เข้มข้นของแบลคเคอร์แรนต์ (black current), เอลเดอร์เบอรี (elderberry), แครนเบอรี (cranberry) และ เชอรี (cherry) หรือ สารละลายที่สกัดจากกลีบกระเจี๊ยบแดง และกะหล่ำปลีแดง เป็นต้น โดยที่พืชชนิดอื่นๆ กำลังมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตแอนโทไซยานินในระดับอุตสาหกรรมในอนาคต ในการเลือกวัตถุดิบในการผลิตแอนโทไซยานินในระดับอุตสาหกรรม ควรมีการพิจารณาถึงปัจจัยหลายปัจจัย ได้แก่ เศรษฐกิจ เทคนิค และ ข้อกำหนดทางกฎหมาย วัตถุดิบที่จะใช้ผลิตควรต้องมีปริมาณมากเพียงพอที่จะใช้ได้ ในราคาที่เหมาะสม ด้วยกระบวนการผลิตที่ไม่ซับซ้อนและมีราคาสูง และแอนโทไซยานินที่ได้ก็ต้องมีคุณภาพตามที่ต้องการ ไม่ขัดกับข้อกำหนดทางกฎหมาย

เมื่อพิจารณาถึงวัตถุดิบที่เหมาะสม สำหรับการผลิตแอนโทไซยานินในระดับอุตสาหกรรมแล้ว Markasis (1982 อ้างโดย นัยวิท เฉลิมนนท์, 2538) รายงานว่าควรทำการผลิตจากเศษเหลือ หรือจากผลพลอยได้ของพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและมีการใช้มาก เช่น ผิวขององุ่น หรือใช้จากแหล่งของวัตถุดิบที่มีคุณค่าน้อยทางเศรษฐกิจ และมีราคาถูก มาทำการผลิตแอนโทไซยานิน เช่น จากเมเปิลแดง (red maple) หรือเชอรีพลัม (cherry-plum) ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่มากโดยเฉพาะในช่วงฤดูฝน

Bridle และ Timberlake (1997) กล่าวถึงแหล่งวัตถุดิบที่มีปริมาณแอนโทไซยานิน ได้แก่ กากผลองุ่นที่เป็นผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมไวน์ ซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดเท่ากับ 30-750 มก.ต่อกากองุ่น 100 ก., กะหล่ำปลีแดง (red cabbage) ซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินในรูปไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ (cyanidin-3-glucoside) เท่ากับ 69-94 มก.ต่อกะหล่ำปลีแดง 100 ก. และสารละลายที่สกัดจากกระเจี๊ยบแดง ซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินในรูป เดลฟินิดิน และไซยานิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ (cyanidin-3-sambubioside) เท่ากับ 70.9 และ 29.1% ตามลำดับ

Carlsen และ Stapelfeldt (1996) รายงานว่า วัตถุดิบจากแหล่งอื่นที่มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่มาก ได้แก่ สารละลายเข้มข้นของเอลเดอร์เบอรี ซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินเท่ากับ 200-1,000 มก.ต่อน้ำหนักสดของเอลเดอร์เบอรี 100 ก. นอกจากนี้แอนโทไซยานินยังพบมากใน แครนเบอรี, เชอรี, แบลคเคอร์แรนต์ และกะหล่ำปลีแดง (นัยวิท เฉลิมนนท์, 2538)

ในธรรมชาติแล้วแอนโทไซยานินที่พบในผลไม้ และพืชชนิดต่างๆ จะมีอัตราส่วนและปริมาณที่แตกต่างกันออกไป ตารางที่1-2 แสดงถึงปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ที่พบในผักและผลไม้ชนิดต่างๆ

2.6 การต้านอนุมูลอิสระของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินจัดเป็นฟลาโวนอยด์ ที่เป็นสารประกอบฟีนอลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำชนิดหนึ่ง ซึ่งคุณสมบัติที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบันของสารประกอบฟีนอล คือ การเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) และสารต้านการกลายพันธุ์ (antimutagens) ซึ่งเกิดจากอนุมูลอิสระ (free radical) โดยสารประกอบฟีนอลเหล่านี้ จะทำหน้าที่กำจัดอนุมูลอิสระและไอออนของโลหะ ที่สามารถเร่งการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมันและโมเลกุลอื่นๆ ด้วยการให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระอย่างรวดเร็ว ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO^{\bullet} + PPH \longrightarrow ROOH + PP^{\bullet}$$

$$RO^{\bullet} + PPH \longrightarrow ROH + PP^{\bullet}$$

โดยที่ $ROO^{\bullet}$ แทนอนุมูลเปอร์ออกซี $RO^{\bullet}$ แทนอนุมูลไฮดรอกซี

PPH แทนสารประกอบฟีนอล ROOH แทนไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

$PP^{\bullet}$ แทนสารประกอบฟีนอลหลังจากที่ให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระ

เมื่อสารประกอบฟีนอลให้อะตอมไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไปแล้ว อนุมูลอิสระของสารประ กอบฟีนอลจะค่อนข้างมีเสถียรภาพ ดังนั้นจึงไม่ทำปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นต่อไป ยิ่งไปกว่านั้นอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอลบางชนิด ยังคงสามารถรวมตัวกับอนุมูลอิสระอื่นได้อีก จึงทำให้สารประกอบฟีนอลเหล่านั้น สามารถลดจำนวนอนุมูลอิสระลงได้ถึง 2 เท่า ดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

$$ROO^{\bullet} + PPH \longrightarrow ROOPP^{\bullet}$$

$$RO^{\bullet} + PPH \longrightarrow ROPP^{\bullet}$$

แต่ความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของสารประกอบฟีนอล ยังขึ้นอยู่กับระบบด้วย ดังนั้นการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติดังกล่าว จึงจำเป็นต้องระบุรายละเอียดชัดเจน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสับเสตรทที่เป็นเป้าหมายของระบบ นอกจากนี้ยังพบว่าในภาวะที่มีสารประกอบฟีนอลความเข้มข้นสูง พีเอชสูง และมีเหล็กอยู่ด้วยนั้น สารประกอบฟีนอลอาจจะเป็นตัวเริ่มต้นของกระบวนการออกซิเดชันได้เช่นกัน

ตารางที่1-2 ปริมาณแอนโทไซยานินในผลไม้และผักบางชนิด

Table1-2 Anthocyanin contents of selected fruits and vegetables.

Sources	Pigment contents (mg/100 g fresh weight)
Blackberries	83-326
Black currants	130-400
Black raspberries	300-400
Blueberries	25-497
Chokeberries	560
Cranberries	60-200
Elderberries	450
Grapes	6-600
Radishes	6-600
Red cabbage	25
Red-freshed potatoes	2-40
Red raspberries	20-60
Red onions	7-21
Strawberries	15-35

ที่มา : Wrolstad (2000)

จากผลการทดลองมากมายพบว่าฟลาโวนอยด์ มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีมากในอาหารที่เป็นไขมัน และไขมันผสมกับน้ำ และปัจจัยที่ส่งเสริมคุณสมบัติดังกล่าว คือ ตำแหน่งและจำนวนหมู่ไฮดรอกซิล และโครงสร้างอื่นๆของโมเลกุล เช่น หมู่ไฮดรอกซิลของวงแหวน B (ภาพที่ 1-2) ซึ่งถือเป็นปัจจัยหลักที่ใช้ในการพิจารณาความสามารถในการเป็นสารต้านออกซิเดชัน ในกรณีของฟลาโวนอยด์นั้นพบว่า หมู่ไฮดรอกซิลที่ C4′ (วงแหวน B ภาพที่ 1-2) จะมีผลให้สมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าหมู่ไฮดรอกซิลที่ C2′ และ C6′ (วงแหวน B ภาพที่ 1-2) เนื่องจากโครงสร้างของฟลาโวนอยด์ จะมีพันธะไฮโดรเจนอยู่ที่ตำแหน่ง 4′ และ 5′ ในวงแหวน B ซึ่งจะกำจัดอนุมูลอิสระโดยการให้ไฮโดรเจน (hydrogen donor) แก่อนุมูลอิสระที่เกิดจากปฏิกิริยาออกซิเดชัน ซึ่งอัตราการเข้าทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระจะรวดเร็วกว่าสารตั้งต้นชนิดอื่นทำให้ปฏิกิริยาหยุดชะงักลง และสารที่เกิดขึ้นดังกล่าวจะไม่เหนี่ยวนำให้เกิดอนุมูลอิสระขึ้นอีก

(Pedrielli *et al*., 2001) นอกจากนี้หมู่ไฮดรอกซิลที่ C3 (วงแหวน C ภาพที่ 1-2) และ หมู่ 4-คีโต (4-keto group, C=O ที่ C4 ของวงแหวน C ภาพที่ 1-2) และ/หรือ หมู่ไฮดรอกซิลที่ C5 (วงแหวน A ภาพที่ 1-2) และหมู่ 4-คีโต ในโมเลกุลของฟลาโวนอยด์ จะเป็นกลุ่มที่ไวต่อการทำปฏิกิริยากับโลหะ ซึ่งเป็นการลดการเกิดออกซิเดชันในอาหารได้อีกทางหนึ่ง ส่วนหมู่ไฮดรอกซิลที่ C5 และ C7 ของ วงแหวน A และหมู่ไฮดรอกซิลที่ C3 และพันธะคู่ระหว่าง C3 และ C4 ในวงแหวน C (ภาพที่ 1-2) อาจมีผลเล็กน้อยต่อคุณสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของฟลาโวนอยด์ (วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2545)

Tsai และคณะ (2002) รายงานว่าสารสีจำพวกแอนโทไซยานินนั้น ยังมีคุณสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน โดยที่สารเหล่านี้สามารถยับยั้งการเกิดปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระ โดยการให้ไฮโดรเจนแก่อนุมูลอิสระไป ทำให้ปฏิกิริยาของอนุมูลอิสระเหล่านั้นสิ้นสุดลง ซึ่งพบว่าหมู่ไฮดรอกซิลที่ C3′, C4′ และ C5′ ของวงแหวน B (ภาพที่ 1-3) ในโมเลกุลแอนโทไซยานินเป็นตำแหน่งหลักที่ใช้ในการจับกับอนุมูลอิสระทำให้อนุมูลอิสระหมดความสามารถที่จะไปทำลายหรือเปลี่ยนแปลงส่วนประกอบของเซลล์

ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

ความคงตัวของสารประกอบฟีนอลในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระนั้น จะขึ้นอยู่กับปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของโมเลกุลของสารประกอบฟีนอล ดังตัวอย่างต่อไปนี้ คือ

1. ค่าพีเอช

เนื่องจากหมู่ไฮดรอกซิลในแต่ละตำแหน่งของแอนโทไซยานิน มีบทบาทต่อคุณสมบัติของการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงค่าพีเอช ซึ่งจะมีผลให้หมู่ไฮดรอกซิลเกิดการเปลี่ยนแปลง จึงมีผลต่อสมบัติการเป็นสารต้านออกซิเดชันของแอนโทไซยานินด้วยเช่นกัน

2. อุณหภูมิ

อุณหภูมิสูงในระหว่างการแปรรูป จะมีผลทำให้สารประกอบฟีนอลโมเลกุลเล็กๆ ระเหยกลายเป็นไอไปได้ ซึ่งจะเกิดการแตกของวงแหวน C (ภาพที่ 1-2) และสลายตัวไป โดยวงแหวน B (ภาพที่ 1-2) จะเปลี่ยนเป็นกรดคาร์บอกซิลิก และวงแหวน A (ภาพที่ 1-2) จะเปลี่ยนไปเป็นคาร์บอกซีอัลดีไฮด์ตามลำดับ และจะระเหยไปพร้อมกับไอน้ำ

3. แสง

แสงแดดเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่เร่งการสลายตัว หรือการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอนโทไซยานิน เช่น หมู่ไฮดรอกซิลที่ C5 ของวงแหวน A (ภาพที่ 1-2) ในโมเลกุลของแอนโทไซ-

ยานิน จะสามารถเรืองแสงและไวต่อการสลายตัวเมื่อโดนแสงแดด นอกจากนี้แสงแดดยังเป็นปัจจัยเร่งให้เกิดการสลายตัวเนื่องจากความร้อนให้เกิดเร็วขึ้นด้วย

4. เอนไซม์

ในสภาพที่มีเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส (polyphenoloxidase) อยู่ด้วย จะเป็นการเร่งการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลบางชนิดให้เกิดได้เร็วขึ้น Rein (2005) รายงานว่าเอนไซม์พอลิฟีนอลออกซิเดส และเอนไซม์ฟีนอลออกซิเดส (phenoloxidase) ซึ่งเป็นเอนไซม์ที่พบได้ในธรรมชาติของผลไม้ทั่วไปและผลไม้ตระกูลเบอรี สามารถเร่งการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซ-ยานินได้ โดยจะเข้าไปทำปฏิกิริยากับแอนโทไซยานิน ทำให้แอนโทไซยานินเกิดการแตกตัว

5. การรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ

สารประกอบฟีนอลสามารถรวมตัวกับโมเลกุลอื่นๆ เช่น โปรตีน โพลีแซคคาไรด์ อัลคาลอยด์ และแอนโทไซยานินได้ง่าย และปฏิกิริยาอาจจะเป็นแบบสามารถผันกลับได้หรือไม่ได้นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆในขณะที่เกิดปฏิกิริยา เช่น ออกซิเจน ไอออนของโลหะ เอนไซม์ และกรด เป็นต้น ซึ่งจะเป็นตัวการทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสมดุลของปฏิกิริยา เช่น ทำให้สารประกอบในภาวะสมดุลรวมตัวกันและตกตะกอนแยกออกมา หรือเกิดพันธะโควาเลนท์รวมกันเป็นสารใหม่ ทำให้ปฏิกิริยาไม่สามารถผันกลับได้ หากปรากฏการณ์เหล่านี้มีผลทำให้สารประกอบฟีนอลมีการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างไป จะทำให้สารประกอบฟีนอลสูญเสียสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระไปได้ (วิวัฒน์ หวังเจริญ, 2545)

2.7 แอนโทไซยานินในกระเจี๊ยบแดง

กลีบกระเจี๊ยบแดงประกอบไปด้วยเม็ดสีแอนโทไซยานินจำนวนมาก กระเจี๊ยบแดงจัดได้ว่าเป็นแหล่งวัตถุดิบ ที่มีความสำคัญของการผลิตแอนโทไซยานินในธรรมชาติแหล่งหนึ่ง Shrikhande (1976 อ้างโดย นัยวิท เฉลิมนนท์, 2538) รายงานว่าในกลีบกระเจี๊ยบแดงมีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ 1.5% Bridle และ Timberlake (1996) พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในกลีบกระเจี๊ยบแดงในรูป เดลฟินิดิน และ ไซยานิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ มีอยู่ในปริมาณ 70.9% และ 29.1% ตามลำดับ และพบว่าในกลีบกระเจี๊ยบแดงแห้งมีแอนโทไซยานินแสดงในรูปของไซยานิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ ปริมาณ 1.5 ก.ต่อน้ำหนักกระเจี๊ยบแดงแห้ง 100 ก. (Mazza and Minaiti, 1993)

Forsyth และ Simmonds (1954 อ้างโดย Mazza and Miniati, 1993) ได้ทำการศึกษาแอนโทไซยานินในพืชเขตร้อน (tropical plants) ด้วยวิธีโครมาโทกราฟีแบบกระดาษ พบว่าเม็ดสีของกระเจี๊ยบแดงประกอบไปด้วยเดลฟินิดิน (ค่า R_f เท่ากับ 28) และไซยานิดิน (ค่า R_f เท่ากับ 31)

Du และ Francis (1973 อ้างโดย Mazza and Miniati, 1993) ได้ทำการศึกษาถึงองค์ประกอบของแอนโทไซยานินในกลีบกระเจี๊ยบแดง โดยการแยกองค์ประกอบ และบอกถึงชนิดของแอนโทไซยานินด้วยวิธีโครมาโทกราฟี ด้วยสารละลายผสมซึ่งประกอบด้วย บิวธานอล, กรดฟอร์มิก และ น้ำ ในอัตราส่วน 100:25:60 ตามลำดับ พบว่าแอนโทไซยานินของกลีบกระเจี๊ยบแดงแยกออกเป็น 6 แถบสี โดยแถบสีที่มีปริมาณมากมีเพียง 3 แถบสี ประกอบไปด้วยแอนโทไซยานิน 4 ชนิด แบ่งเป็น แอนโทไซยานินที่มีปริมาณมาก ได้แก่ เดลฟินิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ และไซยานิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ แอนโทไซยานินที่มีปริมาณน้อย ได้แก่ เดลฟินิดิน-3-กลูโคไซด์ และไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์

Wong และคณะ (2002) ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบของแอนโทไซยานินโดยใช้วิธีโครมาโทกราฟีแบบธินเลเยอร์ และ HPLC ตามวิธีของ Wimalasiri and Wills (1982) พบว่าเดลฟินิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ และ ไซยานิดิน-3-แซมบูไบโอไซด์ เป็นแอนโทไซยานินตัวหลักที่พบในกลีบกระเจี๊ยบแดง นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานินในรูปเดลฟินิดิน-3-กลูโคไซด์ ของกลีบกระ เจี๊ยบแดง พบว่ามีค่าเท่ากับ 2.52 ± 0.05 ก.ต่อกระเจี๊ยบแดง 100 ก.

2.8 การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดกระเจี๊ยบแดง

Tee และคณะ (2002) ได้ศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระของกระเจี๊ยบแดงโดยใช้เมทานอลเป็นตัวสกัด โดยทำการเปรียบเทียบการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระกับบิวทิเลเตดไฮดรอกซีอะนิโซล : บีเอชเอ (Butylated Hydroxy Anisole : BHA) และแอลฟา-โทโคเฟอรอล (alpha-tocopherol) พบว่าสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดีกว่าบีเอชเอ และ แอลฟา-โทโคเฟอรอล สารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงที่ความเข้มข้น 200 ส่วนในล้านส่วน เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 7 วัน มีฤทธิ์ยับยั้งอนุมูลอิสระได้มากกว่า 85% และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมด 2.96 มก./ก.ในรูปกรดแกลลิก (gallic acid) จากการทดลองนี้แสดงให้เห็นว่ากระเจี๊ยบแดงเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี สารสำคัญที่เป็นองค์ประกอบในกระเจี๊ยบแดงที่มีคุณสมบัติดังกล่าว ได้แก่ กรดแอสคอร์บิก, แคโรทีน, สารประกอบฟีนอล และโดยเฉพาะแอนโทไซยานิน ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของอรุณพร อิฐรัตน์ และคณะ (2548) ที่รายงานว่าสารสำคัญที่ได้จากกระบวนการสกัดสารสกัดจากกระเจี๊ยบแดงอบแห้ง ที่ผ่านการสกัดด้วยน้ำและแอลกอฮอล์มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ

Tsai และคณะ (2002) ศึกษาคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของแอนโทไซยานินในสารสกัดกระเจี๊ยบแดง เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระและ

แอนโทไซยานิน ในกระเจี๊ยบแดงพันธุ์ F141 ที่เก็บและทำให้แห้งในเมืองใต้ตุงประเทศไต้หวัน สารสกัดกระเจี๊ยบแดงเตรียมโดยการสกัดจากกระเจี๊ยบแดงแห้งที่นำมาต้มในน้ำ ซึ่งความสัมพันธ์ของสี และคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระของแอนโทไซยานิน ตรวจวัดโดยการเปรียบเทียบด้วยการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร กับวิธีการหาค่าการต้านอนุมูลอิสระ 3 วิธีได้แก่ Ferric Reducing Ability of Plasma (FRAP), Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC) และ Total Antioxidant Status (TAS) พบว่าเมื่อใช้เวลาในการสกัด 1 นาที สารสกัดกระเจี๊ยบแดงจะมีค่า FRAP เท่ากับ 0.05 มิลลิโมล/ล. และเมื่อใช้เวลาในการสกัด 5 นาที สารสกัดกระเจี๊ยบแดงจะมีค่า FRAP เท่ากับ 0.60 มิลลิโมล/ล. นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อใช้ปริมาณของกระเจี๊ยบแดงในการสกัด 5 ก. ทำการสกัดด้วยน้ำเป็นเวลา 5 นาที จะส่งผลให้สารสกัดมีค่า FRAP เท่ากับ 2.50 มิลลิโมล/ล. ซึ่งมีค่าสูงกว่าเมื่อใช้กระเจี๊ยบแดง 1 ก. ที่สกัดด้วยน้ำเป็นเวลา 5 นาที ซึ่งสารสกัดดังกล่าวมีค่า FRAP เท่ากับ 0.6 มิลลิโมล/ล. วิธี FRAP แสดงถึงความสัมพันธ์เป็นกราฟเส้นตรงของแอนโทไซยานินที่มีการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 520 นาโนเมตร เมื่อเปรียบเทียบกันกับวิธี FRAP และ ORAC หรือ FRAP และ TAS ก็ให้กราฟที่มีความสัมพันธ์ที่เป็นเส้นตรงเช่นกัน จากผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า แอนโทไซยานินในสารสกัดกระเจี๊ยบแดงเป็นสารหลักที่มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนี้ภายใต้ความแตกต่างของอุณหภูมิและระยะเวลาในการเก็บ จะส่งผลให้ปริมาณของแอนโทไซยานินค่อยๆ ลดลง อย่างไรก็ตามพบว่าสารประกอบฟีนอลในรูปกรดแกลลิก และแคทีชิน (catechin) จะเพิ่มขึ้น แต่เมื่อพิจารณาถึงปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดพบว่าจะลดลงเพียงเล็กน้อย ซึ่งจะส่งผลให้กิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระลดลงเล็กน้อยด้วย

2.9 ซอสและเพียวเร่

ซอส เป็นคำรวมที่ใช้เรียกผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเหลว ข้น หรือแห้ง อาจเป็นเนื้อเดียวกันหรือไม่ก็ได้ ซึ่งได้แก่ซอสทั่วไป รวมถึงน้ำจิ้มด้วย ตามหลักเกณฑ์ของอาหารและยานั้น สามารถแบ่งผลิตภัณฑ์นี้ออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ซอสที่ได้กำหนดมาตรฐานไว้แล้ว และซอสที่ยังไม่ได้กำหนดมาตรฐาน

ซอสที่ได้กำหนดมาตรฐานไว้แล้ว ได้แก่ ซอสพริก ซอสมะเขือเทศ ซอสมะละกอ ซอสแป้ง หรือซอสแป้งผสมสี ซอสผสม (หมายถึง ซอสที่มาจากการนำซอสต่างๆ ที่กล่าวมาแล้วตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป มาผสมรวมกัน) รวมถึง ซอสถั่วเหลือง เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ซอสนี้ตามกฎหมายจัดเป็นอาหารควบคุมเฉพาะหรือไม่ก็เป็นอาหารกำหนดมาตรฐาน จึงต้องขอเครื่องหมาย อย. จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา และต้องส่งตัวอย่างอาหารมาตรวจวิเคราะห์คุณภาพ โดยทำการตรวจมาตรฐานทางเคมี กายภาพ และจุลินทรีย์

ซอสหรือเครื่องปรุงรสที่ยังไม่ได้กำหนดมาตรฐาน อยู่ในข่ายอาหารพร้อมบริโภคนั้น ส่วนใหญ่ทำกันในชุมชน หรือพื้นบ้าน เครื่องปรุงรสเหล่านี้ ได้แก่ ผลิตภัณฑ์น้ำจิ้มหลายชนิด เช่น น้ำจิ้มไก่ น้ำจิ้มปลาหมึก น้ำจิ้มสุกี้ เต้าเจี้ยว และน้ำสลัด เป็นต้น ซึ่งตามกฎหมายต้องขอเครื่องหมาย อย. จากสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (นันทพร รุจิขจร, 2548)

ผลิตภัณฑ์ซอสจัดอยู่ในกลุ่มอาหารที่มีสภาพเป็นกรด (acidified food) มีค่าพีเอชน้อยกว่า 4.6 ซึ่งโดยทั่วไปมักมีการเติมสีผสมอาหาร สารที่ช่วยเพิ่มความข้นหนืด และสารที่ช่วยให้คงตัว เพื่อเพิ่มคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ สารที่ช่วยเพิ่มความข้นหนืดและสารที่ช่วยให้คงตัวที่นิยมเติมลงในผลิตภัณฑ์ซอส ได้แก่ เพกติน (Onweluzo *et al*., 1999) กัม (gum) เช่น กัวกัม, แซนแทนกัม (Heureux-Calic and Badrie, 2004) และ สตาร์ชดัดแปร (modified starch) เช่น ไดสตาร์ชฟอตเฟต เป็นต้น (ศิวาพร ศิวเวชช, 2540)

เพียวเร่ เป็นผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผักหรือผลไม้ที่บดแล้วระเหยน้ำให้มีความเข้มข้นขึ้นจนวัดปริมาตรของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำด้วยรีเฟรคโตมิเตอร์ ได้ 8.5% ถึง 25.0%

ขั้นตอนการเตรียมเพียวเร่ จะใช้ผักหรือผลไม้ที่สุกและสมบูรณ์เท่านั้น ล้างทำความสะอาด เจาะเอาแกนหรือเมล็ดออกไป ทำการแยกเนื้อออก (pulping) ซึ่งนิยมใช้วิธีแยกเนื้อหลังผ่านความร้อน (hot pulping) โดยที่ผลไม้จะถูกตัดเป็นชิ้นๆ ใส่ในถังและอาจมีการเติมน้ำเล็กน้อย ต้มด้วยท่อไอน้ำให้ผลไม้มีอุณหภูมิประมาณ 94-99 องศาเซลเซียส หรืออาจจะบดผลไม้แล้วผ่านเข้าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน แล้วจึงทำการแยกเนื้อขณะยังร้อนอยู่ด้วยเครื่องแยกเนื้อ ซึ่งวิธีแยกเนื้อแบบนี้ให้ผลดีกว่าวิธีแยกเนื้อโดยไม่ผ่านความร้อน (cold pulping) จากนั้นทำการระเหยน้ำออกไปเพื่อให้ได้ความข้นหนืดตามที่ต้องการ ซึ่งการระเหยน้ำอาจทำในหม้อต้มธรรมดาที่ต้มโดยใช้ท่อไอน้ำ หรือทำในหม้อต้มภายใต้สุญญากาศ ที่สามารถลดอุณหภูมิของจุดเดือดเหลือประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส เพื่อรักษาสีและกลิ่นรสของผลิตภัณฑ์ หลังจากระเหยน้ำจนได้ความข้นหนืดตามที่ต้องการแล้ว ก็จะทำการกรองเอากากออกด้วยเครื่องกรองกาก (finisher) หรืออาจนำเนื้อผลไม้ผ่านเครื่องแยกกากก่อนการต้มก็ได้ (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

2.10 กรรมวิธีการผลิตซอส (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

ซอสเป็นเครื่องปรุงรสที่ทำจากผลไม้เป็นหลัก อาจใช้ผลไม้สด หรือผลไม้เข้มข้นผสมกับน้ำตาล เกลือ น้ำส้มสายชู และเครื่องเทศ แล้วต้มให้มีความหนืดตามที่ต้องการ

วิธีการเตรียมคล้ายกับการเตรียมเพียวเร่ คือมีการบดผลไม้ แล้วให้ความร้อน ทำการแยกเนื้อและกรองเอากากออก อาจมีการโฮโมจิไนส์เพื่อทำให้ความหนืดเพิ่มขึ้น การลดขนาด

ของเซลล์ แล้วทำการต้มในหม้อต้มธรรมดา หรือหม้อต้มสุญญากาศกับเครื่องเทศ ตั้งแต่เริ่มกระบวนการจนเสร็จ โดยบรรจุเครื่องเทศลงในถุงผ้า แล้วนำออกเมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการ

2.10.1 การเติมเครื่องเทศและการต้มซอส

องค์ประกอบที่เติมลงในซอสได้แก่ น้ำตาล เกลือ น้ำส้มสายชู หอมใหญ่ กระเทียม และเครื่องเทศอื่นๆ หอมใหญ่และกระเทียมนิยมเติมลงในรูปผงหรือบดให้ละเอียด แล้วเติมลงไปโดยตรง เครื่องเทศอาจเติมในรูปน้ำมันสกัดจากเครื่องเทศ (spice oil) หรือโอรีโอเรซิน (oleoresin) หรือเติมในรูปสารสกัดที่ได้จากการต้มเครื่องเทศดิบในน้ำส้มสายชูกลั่น ในภาชนะปิดที่อุณหภูมิต่ำประมาณ 2 ชม. เครื่องเทศที่เติมในรูปแบบนี้ควรเติมลงไปในซอสในช่วงท้ายๆ ของการต้มระเหยเพื่อป้องกันการสูญเสียจากการระเหยไป ถ้าใช้เครื่องเทศดิบใส่ถุงควรเติมลงในช่วงต้นของการต้ม น้ำส้มสายชูที่ใช้ควรใช้น้ำส้มสายชูกลั่น 10% มากกว่าการใช้น้ำส้มสายชูหมัก เพราะไม่มีสี ราคาถูกกว่า และไม่ให้กลิ่นรสแปลกปลอม น้ำตาลถ้าเติมลงไปในซอสเร็วเกินไปจะทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ง่าย การต้มซอสไม่ควรใช้เวลานานเกินไป (มากกว่า 45 นาที) ถ้าใช้เครื่องเทศดิบไม่ควรใช้เวลาน้อยกว่า 30 นาที เพราะจะสกัดกลิ่นรสของเครื่องเทศออกมาได้น้อย เมื่อต้มจนได้ความข้นหนืดตามต้องการแล้ว ปกติจะมีปริมาณของแข็งประมาณ 25-36% จึงนำถุงเครื่องเทศออก แล้วส่งต่อไปยังถังรอบรรจุ

2.10.2 การดูดอากาศออก

เพื่อขจัดอากาศที่อาจติดไปกับซอส ฟองอากาศในขวดจะทำให้ซอสเกิดการแยกชั้นได้ง่าย และคุณภาพเสื่อมลงได้ ควรอุ่นให้อุณหภูมิซอสสูงถึง 93-96 องศาเซลเซียส ก่อนเข้าเครื่องกำจัดอากาศออก

2.10.3 การเตรียมขวดที่ใช้บรรจุ

ขวดที่ผ่านการล้างแล้วควรอุ่นให้ร้อนขึ้นโดยผ่านอุโมงค์ที่มีไอน้ำร้อนฉีดพ่นลงมาเพื่อป้องกันขวดแตกเมื่อบรรจุซอส เนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างซอสและขวด และยังไม่ทำให้ซอสเย็นลงเร็วเกินไป ก่อนการปิดผนึก ควรอุ่นขวดให้ร้อนประมาณ 55 องศาเซลเซียส

2.10.4 การบรรจุ

ซอสที่พร้อมจะบรรจุควรมีอุณหภูมิ 85-90 องศาเซลเซียส หลังการบรรจุแล้วควรปิดผนึกโดยเร็ว แล้วทำการลดอุณหภูมิในช่วงแรกโดยใช้น้ำพ่นฝอยอุณหภูมิประมาณ 55-57 องศาเซลเซียส ต่อมาจึงใช้น้ำที่มีอุณหภูมิ 21-24 องศาเซลเซียส จนอุณหภูมิของซอสในขวดลดลงเหลือประมาณ 38 องศาเซลเซียส เพื่อป้องกันความร้อนที่สะสมทำให้ซอสเกิดการเปลี่ยนสี ในกรณีที่ทำการบรรจุซอสที่อุณหภูมิต่ำกว่า 85 องศาเซลเซียส ควรทำการพาสเจอไรซ์ทั้งขวดหลังบรรจุและปิดผนึกเสียก่อน แล้วจึงทำการลดอุณหภูมิ

การเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ซอส

1. การเกิดสีดำจากเหล็กแทนเนต สีดำมักเกิดที่คอขวด โดยมีเหล็กจากเครื่องมือเครื่องใช้หรือฝาขวด หรือจากเครื่องเทศปะปนลงไป และอากาศเป็นตัวการสำคัญ การกำจัดอากาศออก การใช้เครื่องมือที่ทำด้วยสเตนเลส และการเติมวิตามินซีลงในซอส จะช่วยลดการเกิดสีดำได้

2. การเสื่อมเสียโดยเชื้อจุลินทรีย์ การเสื่อมเสียอาจเกิดจากจุลินทรีย์พวกไม่สร้างสปอร์ เช่น lactobacillus, leuconostoc และยีสต์ การแปรรูปด้วยกรรมวิธีที่เหมาะสมจะทำลายเชื้อพวกนี้ได้ง่าย การเสื่อมเสียมักเกิดจากการบรรจุซอส แล้วทำให้ส่วนคอขวดเย็นลงเร็วมากจนจุลินทรีย์ไม่ถูกทำลาย การพาสเจอร์ไรซ์หลังการบรรจุขวดอาจแก้ปัญหานี้ได้

ปกติในซอสมักมีกรดอะซิติกสูง ทำให้จุลินทรีย์ถูกทำลายได้ง่าย และสามารถป้องกันการเสื่อมเสียได้ง่ายแม้หลังการเปิดขวดแล้ว แต่การเปิดปิดขวดบ่อยๆ บนโต๊ะอาหาร อาจจะมีจุลินทรีย์พวกทนกรดปะปนลงไปได้ง่าย จึงควรเก็บรักษาซอสที่อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส จึงจะรักษาคุณภาพไว้ได้ดี (ประสิทธิ์ อติวีระกุล, 2527)

2.11 มาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุปิดสนิท

ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง มาตรฐานอาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท (ฉบับที่ 301) พ.ศ. 2549 ซึ่งเป็นอาหารควบคุมเฉพาะ ต้องมีคุณภาพหรือมาตรฐานดังต่อไปนี้ (ประกาศกระทรวงสาธารณสุข, 2549)

- ไม่มีสี กลิ่น หรือรส ที่ผิดจากสภาพของอาหารนั้น
- ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
- ไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
- ไม่มีสารปนเปื้อน เว้นแต่ดังต่อไปนี้

อาหารในภาชนะบรรจุที่ไม่เป็นโลหะ

ตะกั่ว ไม่เกิน 1.0 มก.ต่ออาหาร 1.0 กก.

สารหนู ไม่เกิน 2.0 มก.ต่ออาหาร 1.0 กก.

ปรอท ไม่เกิน 0.5 มก.ต่ออาหาร 1.0 กก.

- ไม่มีวัตถุกันเสีย เว้นแต่วัตถุกันเสียที่ติดมากับวัตถุดิบที่เป็นส่วนประกอบของอาหารนั้น
- อาหารที่มีค่าพีเอชตั้งแต่ 4.6 ลงมา ต้องมีคุณภาพ หรือมาตรฐานเฉพาะดังนี้ด้วย คือ

ตรวจพบจุลินทรีย์ที่เจริญเติบโตได้ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส หรือ 55 องศาเซลเซียส ไม่เกิน 10,000 โคโลนีต่ออาหาร 1.0 ก.

ตรวจพบยีสต์ และราไม่เกิน 100 โคโลนีต่ออาหาร 1.0 ก.

ตรวจไม่พบบัคเตรีชนิดโคลิฟอร์ม หรือตรวจพบบัคเตรีชนิดโคลิฟอร์มน้อยกว่า 3 โคโลนีต่ออาหาร 1.0 ก. ในกรณีที่ตรวจโดยวิธี เอ็มพีเอ็น (Most Probable Number)

2.12 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอส

2.12.1 การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้บริโภค

เมื่อผลิตภัณฑ์ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาแล้วจะมีการทดสอบผู้บริโภค เพื่อเป็นการประเมินผลของผลิตภัณฑ์ที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการพัฒนา โดยทำการทดสอบผลิตภัณฑ์ในสภาพที่ควรจะเป็นตามปกติ เพื่อเป็นเครื่องชี้วัดความเหมาะสมในด้านความคิด และลักษณะผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภคในตลาดจริง

ไพโรจน์ วิริยจารี (2545) รายงานว่าวิธีการใช้ Hedonic Scaling เป็นวิธีทดสอบที่อ้างถึงความพอใจทางจิตวิทยาและลำดับของความไม่พอใจของผู้บริโภค ซึ่งแสดงถึงว่าเป็นวิธีจำเพาะของการลำดับสเกลเพื่อวัดสภาวะทางจิตใจโดยตรง วิธีดังกล่าวเป็นการวัดการยอมรับอย่างแท้จริงจากปฏิกิริยาของผู้บริโภคในเรื่องของระดับความชอบ หรือไม่ชอบของผลิตภัณฑ์ที่กำหนดให้ภายใต้สภาวะที่กำหนดไว้ ปฏิกิริยาของผู้ประเมินจะชี้ให้เห็นถึงคำที่พรรณนาบนสเกล ตัวอย่างเช่น 9-Point Hedonic Scale ซึ่งเป็นวิธีที่พัฒนามาจาก 5-Point Hedonic Scale ซึ่งวิธีนี้จะให้ความละเอียดมากกว่าและให้ข้อมูลในการวิเคราะห์ของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์ได้ดีกว่า

นอกจากนี้ การทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสประเภทเชิงพรรณนารูปลักษณะผลิตภัณฑ์ (Descriptive Analysis) ผู้ประเมินจะได้รับความช่วยเหลือเท่าที่จำเป็นในรูปแบบเทอมปกติที่ใช้ในการอธิบายตัวอย่างภายใต้การศึกษา ดังนั้นความแตกต่างหรือความชอบถูกกำหนดขึ้นไม่เฉพาะว่าจะต้องอยู่บนพื้นฐานของปฏิกิริยาของผู้ประเมินแต่ละคน แต่จะอยู่บนฐานความเข้าใจเทอมที่ใช้อธิบายตัวอย่างด้วยเช่นกัน ประเภทของการทดสอบนี้จะรวมถึงการพัฒนาของคำศัพท์หรือนิยาม หรือภาษาทางประสาทสัมผัสที่สามารถให้ความเข้าใจแก่ผู้ประเมินด้วยเช่นเดียวกับผู้บริโภคทั่วไป

มีการประยุกต์ที่หลากหลาย ในการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสประเภทพรรณนารูปลักษณะผลิตภัณฑ์ ปัจจุบันประเภทการทดสอบทั่วไปที่ได้รับการยอมรับได้แก่ การใช้คะแนนและสเกล (Scoring and Scaling) ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งที่นำมาใช้บ่อยมาก เพราะว่าเป็นวิธีที่มีรูปร่างง่ายๆ และง่ายต่อการวิเคราะห์ทางสถิติ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ถูกประเมินและพรรณนา

รูปลักษณะที่ใช้ จะต้องมีการจำแนกอย่างละเอียด จุดมุ่งหมายหลักในการนิยามลักษณะ คือจะต้องกำหนดให้ลักษณะของผลิตภัณฑ์มีความถูกต้อง และระดับที่ถูกจำแนกแต่ละระดับของลักษณะผลิตภัณฑ์หนึ่งๆ สามารถกำหนดให้เป็นคะแนนตัวเลขได้

งานวิจัยนี้จะทำการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค ในผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงโดยทำการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัส ด้วยวิธีการให้คะแนนความชอบแบบ 9-Point Hedonic Scale (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545) และการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสประเภทเชิงพรรณนารูปลักษณะผลิตภัณฑ์ ด้วยวิธี Scoring and Scaling (ไพโรจน์ วิริยจารี, 2545; มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซอสมะม่วง, 2547)

2.12.2 การประเมินคุณภาพของผลิตภัณฑ์ซอส

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร และคณะ (2542) ได้ทำการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส และศึกษากรรมวิธีการผลิตซอสกล้วยโดยใช้กล้วยสุก 3 ชนิด คือ กล้วยน้ำว้า กล้วยไข่ และกล้วยหอมทอง โดยมีการศึกษาในเรื่องของการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ซอสด้วยวิธี 9-Point Hedonic Scale ใช้ผู้ทดสอบชิมจำนวน 15 คน โดยทดสอบชิมจากเนื้อซอสล้วนๆ และชิมซอสพร้อมกับไข่เจียว ให้คะแนนความชอบในเรื่องสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส ลักษณะปรากฏ และความแนบแน่น พบว่า ซอสกล้วยน้ำว้า และซอสกล้วยไข่มีคะแนนความชอบด้านสี กลิ่น และความแนบแน่น มากกว่าซอสกล้วยหอมทองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) เมื่อชิมซอสพร้อมกับไข่เจียว พบว่า ผู้ชิมให้คะแนนซอสกล้วยน้ำว้า และซอสกล้วยไข่ในด้านกลิ่นรสและการยอมรับรวมมากกว่าซอสกล้วยหอมทอง ในขณะที่คะแนนด้านเนื้อสัมผัสแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

สุภางค์ เรืองฉาย (2548) ได้ศึกษาลักษณะทางคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อซอสพริกผสม โดยทำการสำรวจความต้องการของผู้บริโภคจำนวน 150 คนที่มีต่อคุณลักษณะของซอสพริกผสม พบว่าผู้บริโภคต้องการคุณลักษณะเนื้อซอสที่เนียนเป็นเนื้อเดียวกันคิดเป็น 55.0% ต้องการคุณลักษณะมีสีแดง มีความเผ็ด และความข้นหนืดคิดเป็น 33.3%, 42.0% และ 42.7% ตามลำดับ เมื่อทำการแปรอัตราส่วนระหว่างพริกชี้ฟ้าและพริกขี้หนูสวน ตั้งแต่ 100:0 ถึง 80:20 พบว่าอัตราส่วนของพริกชี้ฟ้าต่อพริกขี้หนูสวนที่ 90:10 ได้รับการยอมรับมากที่สุดทางด้านสีและความเผ็ด เมื่อนำมาพัฒนาด้านความหนืดและกลิ่นรสของซอสพริกผสม โดยศึกษาปริมาณมะละกอ (32.0% และ 36.0% โดยน้ำหนัก) ปริมาณน้ำ (7.0% และ 9.0% โดยน้ำหนัก) และปริมาณกระเทียม (4.0% และ 5.0% โดยน้ำหนัก) พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าสี ค่าพีเอช ค่าความเป็นกรด และความหนืด (วิเคราะห์ด้วยเครื่อง Brookfield viscometer) แต่มีความแตกต่างกันในการยอมรับทางประสาทสัมผัสของผู้ทดสอบ

พิจารณาในด้านกลิ่นรส ความหนืด และความชอบโดยรวม โดยสูตรที่ใช้มะละกอ 32.0% น้ำ 7.0% และกระเทียม 5.0% ได้รับการยอมรับมากที่สุดในทุกด้าน เมื่อนำไปพัฒนาด้านรสชาติ โดยศึกษาปริมาณน้ำส้มสายชู (18.0% และ 19.0% โดยน้ำหนัก) ปริมาณน้ำตาลทราย (17.0% และ 18.0% โดยน้ำหนัก) และปริมาณเกลือ (2.2% และ 2.4% โดยน้ำหนัก) พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันในด้านปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด ค่าสี ค่าพีเอช ค่าความเป็นกรด และความหนืด แต่มีความแตกต่างกันในการยอมรับของผู้ทดสอบด้านความหนืด โดยสูตรที่ใช้น้ำส้มสายชู 18.0% น้ำตาลทราย 17.0% และเกลือ 2.4% ได้รับการยอมรับมากที่สุด

Heureux-Calic และ Badrie (2004) ได้ศึกษาคุณลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงที่ผลิตจากการใช้เอนไซม์เพกโตเลส (pectolase) ความเข้มข้น 0.40% สำหรับย่อยกลีบกระเจี๊ยบแดง โดยทำการตรวจตรวจสอบคุณลักษณะต่างๆทางกายภาพ ได้แก่ การวัดค่าสี (*L a b*) วัดค่าพีเอช วัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ไตเตรทหาความเป็นกรดในรูปกรดซิตริก และค่าความหนืดที่วัดด้วยเครื่อง Bostwick consistometer พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงที่ได้มีค่า L เท่ากับ 24.20±0.55 ค่า a เท่ากับ 6.60±0.21 และค่า b เท่ากับ 1.00±0.07 มีค่าพีเอชเท่ากับ 2.25 ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้มีค่า 5.00% มีค่าความเป็นกรดในรูป กรดซิตริกเท่ากับ 0.52% และมีค่าความหนืดเท่ากับ 7.00cm/30s นอกจากนี้ยังทำการตรวจสอบคุณภาพทางด้านเคมี โดยวิเคราะห์หาปริมาณใยอาหารทั้งหมด (total dietary fiber) และตรวจสอบคุณภาพทางด้านจุลินทรีย์ โดยทำการตรวจเชื้อ aerobic mesophilic counts, lactobacilli, ยีสต์ และรา พบว่าผลิตภัณฑ์ซอสกระเจี๊ยบแดงที่ได้ มีปริมาณใยอาหารทั้งหมดเท่ากับ 3% และไม่พบว่ามีการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งสี่ชนิดดังกล่าว

3. เอกสารอ้างอิง

กระทรวงอุตสาหกรรม. 2547. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชนซอสมะม่วง. สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพมหานคร.

โครงสร้างเซลล์พืช (ออนไลน์). 2001. สืบค้นจาก : http://www.eng.auburn.edu/~wfgale/usda_course/section0_images/section0_images_2/plant_cell_structure.gif (18 พฤษภาคม 2550)

จารุวรรณ์ ศิริพรรณพร, ธนวรรณ บุญปั้น และ ช่อลัดดา เที่ยงพุก. 2542. การศึกษากรรมวิธีการผลิตซอสกล้วย. อาหาร 29 : 167-179.

ณรงค์ เหล่าโชติ และ เนาวรัตน์ เสริมศรี. 2536. การปลูกกระเจี๊ยบแดง. กสิกร 20 : 221-224.

นิธิยา รัตนาปนนท์. 2545. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร.

นันทพร รุจิขจร. 2548. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ซอสถั่วลิสง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นัยวิท เฉลิมนนท์. 2538. การศึกษาความเป็นไปได้ในการผลิตและการใช้สีแดงธรรมชาติจากกลีบดอกกระเจี๊ยบแดง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญเทียม ดิษฐ์แย้ม. 2517. กระเจี๊ยบแดง. กสิกร 47 : 200-204.

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ฉบับที่ 144 (ออนไลน์). 2535. สืบค้นจาก : http//www.fda.moph.go.th/fdanet/html (13 ธันวาคม 2549)

ประกาศกระทรวงสาธารณสุข เรื่อง อาหารในภาชนะบรรจุที่ปิดสนิท ฉบับที่ 301(ออนไลน์). 2549. สืบค้นจาก : http//www.fda.moph.go.th/fdanet/html (13 ธันวาคม 2549)

ประสิทธิ์ อติวีระกุล. 2527. เทคโนโลยีของผลไม้และผัก. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

พเยาว์ เหมือนวงษ์ญาติ. 2537. สมุนไพรก้าวใหม่. พิมพ์ครั้งที่ 2. ที.พี. พริ้นต์ จำกัด. กรุงเทพมหานคร.

ไพโรจน์ วิริยจารี. 2545. การประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส. พิมพ์ครั้งที่ 1. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. เชียงใหม่.

รัชนี ตัณฑะพานิชกุล. 2526. เคมีอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 1. ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. กรุงเทพมหานคร.

วิวัฒน์ หวังเจริญ. 2545. บทบาทของสารประกอบฟีนอลต่อสุขภาพ. อาหาร 32 : 245-253.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2535. วัตถุเจือปนอาหาร. พิมพ์ครั้งที่ 2. โอ เอส พริ้นติ้ง เฮ้าส์. กรุงเทพมหานคร.

สุภางค์ เรืองฉาย. 2548. ลักษณะทางคุณภาพและการยอมรับของผู้บริโภคที่มีต่อซอสพริกผสม. ว.วิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย 25 : 132-150.

สุรพงษ์ เจริญรัตน์, ชัยรัตน์ ดุลยพัชร์, แฉล้ม มาศวรรณา และ ปัญญา เอกมหาชัย. 2545. กระเจี๊ยบแดง. กสิกร 75 : 16-19.

สัมพันธ์ คัมภิรานนท์. 2546. แอนโทไซยานินสีสันเพื่อโลกสวย. อัพเดท 18 : 53-56.

อรุณพร อิฐรัตน์, ถนอมจิต สุภาวิดา, สุธิมาลย์ อิงคถาวรวงค์, ศิริพันธ์ หิรัญญะชาติธาดา, วันทนา เหรียญมงคล, สิริรัตน์ ปิ่นสุวรรณ, นิวัติ แก้วประดับ, อัญชลี ศิริโชติ, จินดาพร ภูริพัฒนวงษ์ สุวิภา อึ้งไพบูลย์, ฉัตรชัย วัฒนาภิรมสกุล , รักษ์เกียรติ จิรัญธร, ปราณี รัตนสุวรรณ, นิวรรณ อินทรักษา, โสภา คำมี และวีระวัฒน์ ศีลประชาวงศ์. 2548. การพัฒนาสารสกัดกระเจี๊ยบแดงเพื่อใช้ในเครื่องสำอางและอาหารเสริมสุขภาพ. รายงานการวิจัยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. กรุงเทพมหานคร.

Adanlawo, I.G. and Ajibade, V.A. 2006. Nutritive value of the two varieties of roselle (*Hibiscus sabdariffa*) calyces soaked with wood ash. J. Nutr. 6 : 555-557.

Bridle, P. and Timberlake, C.F. 1997. Anthocyanins as natural food colours-selected aspects. Food Chem. 58 : 103-109.

Borkowski, T., Sysmusiak, H., Swiglo, A.G., Rietjens, I.M.C.M. and Tyrakowska, B. 2005. Radical scavenging capacity of wine anthocyanins is strongly pH-dependent. J. Agric. Food chem. 53 : 5526-5534.

Calsen, C. and Stapelfeldt, H. 1996. Light sensitivity of elderberry extract : Quantum yields for photodegradation in aqueous solution. Food Chem. 60 : 383-387.

Fuleki, T. and Francis, F.J. 1967. Quantitative method for anthocyanins, 1. Extraction and determination of total anthocyanin in cranberries. J. Food Sci. 33 : 72-77.

Fennema, O.R. 1985. Food Chemistry. 2nd Ed. Marcel Dekker. New York.

Gould, K. S., Mckelvie, J. K. and Markham, R. 2002. Imaging of H_2O_2 in red and green leaves after mechanical injury. Plant Cell Environ. 25 : 1261–1269.

He, J. 2004. Absorption, excretion, and transformation of individual anthocyanins in rats. Master of science dissertation. University of Maryland.

Heureux-Calic, F.D. and Badrie, N. 2004. Consumer acceptance and physicochemical quality of processed red sorrel/roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) sauces from enzymatic extracted calyces. Food Service Technol. 4 : 141-148.

Mazza, G. and Miniati, E. 1993. Anthocyanins in Fruits, Vegetables, and Grains. CRC Press, Inc. United States of America.

Nielsen, I.L.F., Haren, G.R., Magnussen, E.L., Dragsted, L.O. and Rasmussen, S.E. 2003. Quantification of anthocyanins in commercial black currant juices by simple high - performance liquid chromatography : Investigation of their pH stability and antioxidative potency. J. Agric. Food Chem. 51 : 5861-5866.

Onweluzo, J.C., Vijayalakshmi, M.R., Vijayanand, P. and Eipeson, W. E. 1999. Detarium microcarpum polysaccharide as a stabilizer in processed fruit products. Food Sci. Technol. 32 : 521-526.

Pedrielli, P., Pedulli, G.F. and Skibsted, L.H. 2001. Antioxidant mechanism of flavonoids solvent effect on rate constant for chain-breaking reaction of quercetin and epicatechin in autoxidation of methyl linoleate. J. Agric. Food Chem. 49 : 3034-3040.

Rein, M. 2005. Copigmentation reactions and color stability of berry anthocyanins. Academic dissertation. University of Helsinki.

Tee, P.L., Yusoft, S. and Mohamed, S. 2002. Antioxidant properties of Roselle (*Hibiscus sabdariifa* L.) in linoleic acid system. J. Nutr. Food Sci. 32 : 17-20.

Tsai, P.J., McIntosh, J., Pearce, P., Camden, B. and Jordan, R.B. 2002. Anthocyanin and antioxidant capacity in Roselle(*Hibiscus sabdariifa* L.) extract. Food Res. Int. 35 : 351-356.

Tsai, P.J. and Huang, H.P. 2002. Effect of polymerization on the anitioxidant capacity of anthocyanin in Roselle. Food Res. Int. 37 : 313-318.

Wrolstad, R.E. 2000. Anthocyanins. *In* Natural Food Colorants. (Francis, F. J. and Lauro. G. J., eds.) p. 238-249. Marcel Dekker. New York.

Wong, P.K., Yusof, S., Ghazali, H.M. and Man, Y.B.C. 2002. Physico-chemical characteristics of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.). J. Nutr. Food Sci. 32 : 68-73.