

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพืชตัวอย่างได้แก่ อัญชัน (*Clitoria ternatea*) ผักปลั่ง (*Basella alba*) ผลหม่อน (*Morus alba*) พิลังกาสา (*Ardisia elliptica*) ฝาง (*Caesalpinia sappan*) เฟื่องฟ้า (*Bougainvillea hybrida*) ทองกวาว (*Butea monosperma*) และ โสน (*Sesbania aculeate*) เพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร สำหรับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชเหล่านี้ทำการทดสอบโดยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ ABTS (2,2'-Azino-bis(3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic-acid) ตามลำดับ นอกจากนี้ได้ทำการหาปริมาณสารฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu จากผลการทดลองพบว่า ฝางมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS สูงสุด (DPPH, IC<sub>50</sub> เท่ากับ 45.52 mg/L และ ABTS, IC<sub>50</sub> เท่ากับ 18.47 mg/L) และมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด (178.71 มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง) ในการทดสอบความคงทนของสีพบว่าสารสกัดสีทั้งหมดมีความคงทนมากที่สุด ที่สภาวะความเป็นกรด อุณหภูมิต่ำ (-4 และ 10°C) ในสภาวะมืด

## Abstract

In this research, *Clitoria ternatea*, *Basella alba*, *Morus alba*, *Ardisia elliptica*, *Caesalpinia sappan*, *Bougainvillea hybrida*, *Butea monosperma* and *Sesbania aculeate* were studied for using as food colorant. Their antioxidant activities were determined using DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) and ABTS (2,2'-Azino-bis(3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic-acid) assays. In addition, the total phenolics contents were determined using Folin-Ciocalteu method. The results showed that *Caesalpinia sappan* had the highest antioxidant activities (DPPH; 45.52 mg/L, ABTS; 18.47 mg/L) and total phenolic contents (178.71 mgGAE). The stabilities of these extracts were also investigated. All of the plant extracts were more stable at low pH and at low temperature (-4, 10°C) in the darkness.

# บทที่ 1

## บทนำ

### ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันสีผสมอาหารมีบทบาทมากในชีวิตประจำวันมากขึ้น เพื่อดึงดูดความสนใจของผู้บริโภค สีผสมอาหารโดยทั่วไป อาจแบ่งเป็น 2 ประเภท คือสีสังเคราะห์และสีจากธรรมชาติ ทั้งนี้สีส่วนใหญ่มักเป็นสีสังเคราะห์เนื่องจากให้สีชัดเจน มีให้เลือกหลากหลายสี สะดวกในการใช้ มีความคงตัว และหาซื้อได้ง่ายทั่วไปตามท้องตลาด อย่างไรก็ตามพบว่าสีสังเคราะห์ส่วนใหญ่ที่เกิดจากการสังเคราะห์ทางเคมีมักใช้สีย้อมผ้าแต่งสีอาหาร หรือสีย้อมกระดาษซึ่งมีโลหะหนักพวก ตะกั่ว ปรอท สารหนู สังกะสี โครเมียม ปะปนอยู่ซึ่งทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกาย ทำให้ปัจจุบันการใช้สีจากธรรมชาติจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่เป็นที่นิยม อีกทั้งผู้บริโภคหันมาให้ความสำคัญกับสุขภาพกันมากขึ้น เพราะสีจากธรรมชาติมีความปลอดภัยมากกว่า เนื่องจากเป็นสีที่ได้จากส่วนต่างๆของพืช และไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค แต่สีผสมอาหารจากธรรมชาติมีข้อด้อยคือ ยุ่งยากต่อการนำมาใช้งาน และเก็บไว้ได้ไม่นานจึงมีความจำเป็นในการพัฒนาสีผสมอาหารจากธรรมชาติในรูปแบบที่เหมาะสม ให้อยู่ในรูปแบบมาใช้ได้สะดวก ปลอดภัย และเก็บไว้ใช้ได้นาน

ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาปริมาณสารฟีนอลิกรวมฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ความคงทน และทดสอบความพึงพอใจสีจากธรรมชาติ พืชในท้องถิ่นของภาคเหนือที่หาง่าย เช่น อัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) ผักปลัง (*Basella alba* L.) หม่อน (*Morus alba* L.) พิลังกาสา (*Ardisia elliptica* Thumb.) ผาง (*Caesalpinia sappan*) เฟื่องฟ้า (*Bougainvillea hybrida*) ดอกทองกวาว (*Butea monosperma*) และ ดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.) เพื่อนำมาใช้พัฒนาเป็นสีผสมอาหาร

### วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. เพื่อศึกษาพืชที่คุณสมบัติใช้เป็นสีผสมอาหารที่พบในท้องถิ่นของภาคเหนือ
2. เพื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของพืชที่ทำการคัดเลือก
3. เพื่อเตรียมสีผสมอาหารในรูปแบบต่างๆ เช่น รูปแบบผงหรือ สารละลายเข้มข้น
4. เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตสีผสมอาหารให้มีความคงทน สามารถเก็บไว้ใช้ได้นาน

### ขอบเขตของโครงการวิจัย

นำพืชที่สนใจอย่างน้อย 8 ชนิด เช่น ดอกอัญชัน ผลผักปลัง หม่อน พิลังกาสา แก่นผาง ดอกเฟื่องฟ้า ดอกทองกวาว และดอกโสน มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย เช่น น้ำ หรือ เอทานอล และทำให้อยู่ในรูปสารสกัดหยาบ จากนั้นนำมาศึกษาหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) และ ABTS (2,2'-Azino-bis(3ethylbenzothiazoline-6-sulfonic-acid) ทำการศึกษาความคงทนของสารสกัดสีที่ได้จากพืชชนิดต่างๆ โดยวัดจากค่าความเป็นกรดต่าง อุณหภูมิ แสง และทดสอบความความพึงพอใจจากผู้บริโภค

## บทที่ 2

### ทบทวนวรรณกรรม

#### สีผสมอาหาร ความสำคัญของสีผสมอาหาร [1]

ปัจจัยที่สำคัญปัจจัยแรกๆ ที่ช่วยดึงดูดให้ผู้บริโภคอยากซื้อสินค้าก็คือ สี ทั้งนี้เนื่องจากสีเป็น ปัจจัยแรกที่กระทบประสาทสัมผัสของผู้บริโภค และเป็นคุณลักษณะที่แสดงคุณภาพของสินค้าต่าง ๆ สีของอาหารจะเป็นคุณลักษณะที่ช่วยบอกคุณภาพของอาหารทั้ง อาหารธรรมชาติและอาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว สำหรับอาหารธรรมชาติ เช่น ผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และปลาชนิดต่าง ๆ สีเป็นปัจจัยบ่งบอกความแก่อ่อน ลักษณะเฉพาะของผัก ผลไม้ เนื้อสัตว์ และปลาชนิดต่าง ๆ เป็นต้น ส่วนอาหารที่ผ่านการแปรรูปแล้ว สีที่มีอยู่ตามธรรมชาติมักจะมีการเปลี่ยนแปลง ผู้ผลิตจึงได้พยายามใช้สีผสมอาหารต่าง ๆ ซึ่งอาจเป็นสีธรรมชาติ หรือสีสังเคราะห์แต่งผลิตภัณฑ์ อาหารนั้นให้มีสีใกล้เคียงกับอาหารธรรมชาติ ทั้งนี้เพื่อดึงดูดใจผู้บริโภค

การเติมสีลงในอาหารมีเหตุผลมาจากสาเหตุหลายประการ สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้ [2]

1. เพื่อเพิ่มความเข้มของสีให้กับอาหารให้มีความเข้มของสีในระดับที่ผู้บริโภคต้องการ หรือคาดหวังไว้
2. เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอของสีในอาหารจากทุกกระบวนการผลิต
3. เพื่อทำให้สีของอาหารมีความใกล้เคียงกับสภาพเริ่มต้น ซึ่งสีมีการจางลงเนื่องมาจากกระบวนการผลิต
4. เพื่อให้สีเป็นตัวทำให้ผลิตภัณฑ์ซึ่งปกติจะเป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่มีสีมีคุณค่ามากขึ้น เช่น ขนมหวานจากน้ำตาล (sugar confectionary) ลูกอม น้ำหวาน น้ำอัดลม (soft drink)

#### ประเภทของสีผสมอาหาร [1, 3, 4]

สีผสมอาหารสามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท

1. **สีอินทรีย์** ที่ได้จากการสังเคราะห์หรือสีสังเคราะห์ (certified color หรือ synthetic colorant) เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมี แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ ดายส์ (dyes) และเลคส์ (lakes) โดยที่ดายส์เป็นสีสังเคราะห์ที่ละลายน้ำได้ดี แต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์ ส่วนเลคส์เป็นสีสังเคราะห์ที่กระจายตัวได้ในน้ำมัน และจะมีความคงตัวต่อแสง ความร้อน และสารเคมีได้ดีกว่าสีประเภทดายส์ ตัวอย่างสีสังเคราะห์ เช่น สีแดง ได้แก่ ปองโซ 4 อาร์ (Ponceau 4 R) คาร์โมอีซีน หรือ เอโซรูบิน (Carmoisine หรือ Azorubine) และเออร์โรซีน (Erythrosine); สีเหลือง ได้แก่ ตาร์ตราซีน (Tartrazine) ซันเซตเยลโลว์ เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Sunset Yellow FCF) และไรโบฟลาวิน (Riboflavin); สีเขียว ได้แก่ ฟาสต์กรีน เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Fast Green FCF); สีน้ำเงิน ได้แก่ อินดิโกคาร์มีน หรือ อินดิ โกติน (Indigocarmine or Indigotine) และบริลเลียนท์ บลู เอ็ฟ ซี เอ็ฟ (Brilliant Blue FCF)

2. **สีอินทรีย์** คือ สีที่ได้จากสิ่งไม่มีชีวิตในธรรมชาติ เช่น ผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช (vegetable charcoal) ไทเทเนียมไดออกไซด์ (titanium dioxide) เป็นต้น

3. **สีธรรมชาติ** (uncertified color หรือ natural pigment) คือ สีที่สกัดได้จากพืชหรือสัตว์ที่บริโภคได้ เช่น แอนโทไซยานิน เบตา-คาโรทีน เป็นต้น สีธรรมชาติที่นิยมใช้เป็นสีผสมอาหาร

### 3.1 แอนโทไซยานิน

เป็นสีธรรมชาติที่รู้จักกันแพร่หลายที่ความเป็นกรด-ด่างต่ำ จะมีสีแดงและที่ความเป็นกรด-ด่างสูง จะมีสีน้ำเงิน พบมากในดอกอัญชัน กระจับปี่ และองุ่น เป็นต้น เป็นสีที่สามารถละลายน้ำได้ ความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิ เอนไซม์ และโลหะ มีผลต่อความคงตัวของสี

### 3.2 แคโรทีนอยล์

เป็นกลุ่มสีธรรมชาติอีกชนิดหนึ่งที่มีการนิยมใช้เป็นสีผสมอาหารเป็นรงควัตถุที่ให้สีเหลืองจนถึงสีแดง ละลายได้ในไขมัน พบมากในพืชและสัตว์ เช่น มะเขือเทศ แครอท และเนย เป็นต้น สีแคโรทีนอยล์เป็นสีที่ค่อนข้างคงตัว

### 3.3 คลอโรฟิลล์

เป็นสีธรรมชาติที่ให้รงควัตถุสีเขียวที่พบในพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของใบ เป็นสีที่ไม่คงตัว แสง อุณหภูมิ ระยะเวลา เป็นปัจจัยที่สำคัญเป็นสาเหตุให้สีคลอโรฟิลล์มีการเปลี่ยนแปลงได้

### 3.4 คาราเมล

สีคาราเมลเป็นสีอีกชนิดหนึ่งที่มีการนิยมใช้กันมากเป็นของเหลวหรือของแข็งที่มีสีน้ำตาลเข้มจนถึงสีดำ มีกลิ่นสีน้ำตาลไหม้และมีรสขม ละลายได้ในน้ำแต่ไม่ละลายในตัวทำละลายอินทรีย์เช่น แอลกอฮอล์ อะซิโตน และคลอโรฟอร์ม เป็นต้น

## ข้อกำหนดเกี่ยวกับการใช้สีผสมอาหาร [1, 5]

ในสหรัฐอเมริกาได้เริ่มมีกฎหมายเกี่ยวกับสีฉบับแรก คือ 1886 Act of Congress ซึ่งได้อนุญาตให้ใช้สีในเนยได้ ต่อมาในปี 1900 กระทรวงเกษตรของสหรัฐอเมริกาได้มีการสำรวจการใช้สีเป็นวัตถุเจือปนอาหาร และได้ริเริ่มกำหนดเกณฑ์ต่างๆ ที่จะควบคุมการใช้สีในอาหาร เนื่องจากในขณะนั้นไม่มีกฎหมายหรือข้อบังคับการใช้สีผสมอาหารในสหรัฐอเมริกา ในปี ค.ศ. 1906 จึงได้เริ่มมีการร่าง The Pure Food and Drug Act of 1906 ซึ่งเป็นกฎหมายในการปฏิบัติที่ไม่บังคับ แต่เพื่อเป็นการแสดงว่าสีที่ผลิตขึ้นแต่ละชุดสอดคล้องกับข้อกำหนดทางเคมีที่กำหนดไว้ในกฎหมาย

ต่อมาสหรัฐอเมริกาได้มีการพัฒนากฎหมายอาหารตามยุโรปและคณะกรรมการอาหารและยาของสหรัฐอเมริกา (Food and Drug Administration : FDA) โดยได้มีการปรับปรุงหลายครั้ง จนในปี ค.ศ. 1938 ได้มีการบัญญัติกฎหมายขึ้นมาอีกฉบับหนึ่งซึ่งเรียกว่า FD & C (The Federal Food Drug and Cosmetic Act of 1938) เพื่อระบุนิยามของสีให้สูงขึ้นจึงอนุญาตให้ใช้ในอาหาร ยา และเครื่องสำอางค์ โดยสีสังเคราะห์ทุกชนิดจะต้องมีการขอใบรับรอง [2] ต่อมาในปี 1950 [5] ปรากฏว่ามีการพบอาการท้องเดินเกิดขึ้นกับเด็กที่ บริโภคลูกกวาด และป๊อปปอนที่มีการใส่สีมากเกินไป และสีที่เป็นสาเหตุ

คือ FD & C Orange No.1, FD & C Orange No.2 และ FD & C Red No.32 จึงได้มีการยกเลิกการอนุญาตใช้สีดังกล่าว ซึ่งสาเหตุดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าความปลอดภัยของสีที่ใช้จะขึ้นอยู่กับปริมาณของสีที่ใช้ด้วย แต่ตาม the Federal Food Drug and Cosmetic Act of 1938 ไม่ได้ให้อำนาจในการกำหนดปริมาณสีที่ใช้ไว้ และในปี ค.ศ. 1960 ได้มีการแก้ไขสีที่ใช้ปรุงแต่งในอาหารโดยร่าง the Color Additives Amendments Act of 1960 แบ่งสีผสมอาหารเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก สีผสมอาหารที่ต้องมีการขอใบรับรองก่อนจาก FDA (Certified color additives) ซึ่งประกอบด้วยสีสังเคราะห์ 7 ชนิด ซึ่งเรียกชื่อโดยมี FD & C นำหน้าตามด้วย color additives และ กลุ่มที่สอง สีผสมอาหารที่ไม่ต้องมีการขอใบรับรอง (Color additives exempt from certification) ได้แก่ สีที่ได้จากพืชผัก ผลไม้ สัตว์ สีเหล่านี้จึงถูกเรียกว่า สีผสมอาหารตามธรรมชาติ โดยเรียกชื่อสีผสมอาหารตามธรรมชาติในแต่ละประเทศส่วนในกลุ่มยุโรป (The European Union ; EU) สีผสมอาหารแต่ละสีถูกเรียกชื่อโดยมีการระบุ E ตามด้วยตัวเลข [2]

ในการใช้สีธรรมชาติมีข้อได้เปรียบจากสีสังเคราะห์ประการหนึ่ง คือได้รับการอนุญาตให้ใช้ได้ ในผลิตภัณฑ์อาหารมากกว่าสีสังเคราะห์ ซึ่งโดยทั่วไปการใช้สีผสมในอาหารจะต้องได้รับการควบคุมให้ใช้ภายใต้ข้อกำหนด 3 ประการ [2] ดังต่อไปนี้คือ

1. ข้อกำหนดหมายประชาชาติ (National Legislation) ของสีผสมอาหารที่มีการอนุญาตให้ใช้ในอาหาร
2. การใช้สีผสมอาหารแต่ละประเทศจะมีการจำกัดโดยข้อกำหนดชนิดของอาหารที่สามารถเติมสีได้
3. ปริมาณการใช้สูงสุดของสีผสมอาหารที่จะเติมลงในอาหารจะต้องมีข้อกำหนดเฉพาะ

#### พืชที่ใช้ในการศึกษา

1. ผักปลั่ง (*Basella alba* Linn) [6]



ภาพ 2.1 ลักษณะของผลผักปลั่ง

## ลักษณะทั่วไปของผักปลัง

ชื่อทางวิทยาศาสตร์: *Basella alba* Linn. วงศ์: Basellaceae

### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [6]

ผักปลังเป็นพืชเลื้อย ใบและลำต้นอวบน้ำ ไม่มีขน ยาวได้หลายเมตร แตกกิ่งก้านสาขามาก มีสีเขียวหรือม่วงแดง ใบออกสลับกัน มีก้านใบยาวอวบน้ำ ตัวใบกลมรีหรือรูปหัวใจ ยาว 3-12 เซนติเมตร ปลายใบแหลม ฐานใบเว้าเข้าคล้ายรูปหัวใจ ขอบใบเรียบ ดอกออกเป็นช่อจากง่ามใบ หรือที่ยอดยาว 5-20 เซนติเมตร ดอกย่อยยาวประมาณ 4 มิลลิเมตร มีส่วนก่อนกลีบเลี้ยง 1 กลีบ ลักษณะเป็นเส้นยาว 1-2 มิลลิเมตร อยู่ใต้ดอก กลีบเลี้ยงมี 2 กลีบ ลักษณะกลมรี ยาวไม่ถึง 0.5 มิลลิเมตร กลีบดอกสีแดงอ่อน ส่วนฐานติดกัน ปลายแยกเป็น 5 กลีบ ลักษณะมนตั้งตรง เกสรตัวผู้มี 5 อันยาวยื่นพ้นหลอดดอก ก้านเกสรตัวเมียมี 3 อัน ส่วนปลายกลมยาว รังไข่มี 1 ห้อง ผลกลมรีหรือกลมไม่มีก้าน ผลแก่สีม่วงเข้ม มีเนื้อนิ่ม เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 มิลลิเมตร พบปลูกเป็นไม้ประดับและขึ้นเองตามที่ชุ่มชื้นทั่วไป ขยายพันธุ์โดยเมล็ด

### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของผักปลัง[6]

ใบมีกรดอะมิโน (lysine, leucine และ isoleucine) glucan, mucopolysaccharide (ประกอบด้วย L-arabinose , D-galactose , L-rhamnose , glucuronic acid และ uronic acid) ,  $\beta$ -carotene และกรดอินทรีย์อื่นๆ นอกจากนั้นยังมีพวกซาโปนินและมิวซิเลจเป็นต้น ยอดอ่อนและใบที่ใช้เป็นผักสดมีโปรตีน 1.2 % แคลเซียม 0.15 % เหล็ก 1.4 มิลลิกรัม % วิตามินเอ 3250 I.U. วิตามินบีหนึ่ง 40 I. U. วิตามินบีสอง 10 Sherman U. ต่อ 100 กรัม ใบและยอดอ่อนปรุงเป็นอาหารให้แคลเซียม เหล็ก และวิตามินเอ บี และซีที่ดี ผักปลัง 100 กรัม ให้พลังงานต่อร่างกาย 21 กิโลแคลอรี ประกอบด้วยเส้นใย 0.8 กรัม แคลเซียม 4 มิลลิกรัม ฟอสฟอรัส 50 มิลลิกรัม เหล็ก 1.5 มิลลิกรัม วิตามินเอ 9316 IU วิตามินบีหนึ่ง 0.07 มิลลิกรัม วิตามินบีสอง 0.20 มิลลิกรัม ไนอาซิน 1.1 มิลลิกรัม วิตามินซี 26 มิลลิกรัม สารเคมีจากข้อมูลการวิจัยที่สำคัญ คือ  $\beta$ -carotene, melatonin, quercitrin และ vitamin K

**นิเวศวิทยา:** ของผักปลัง เป็นพืชในเขตร้อนของเอเชียและแอฟริกา กระจายแพร่พันธุ์ไปตามท้องที่ ที่มีฝนชุก

### ประโยชน์ของผักปลัง[6]

**ต้น** กินแก้พิษฝีดาษ

**ใบและต้น** เป็นอาหารที่มีวิตามินสูง เป็นยาระบายอ่อน ๆ ใช้กับสตรีมีครรภ์และเด็ก

**ใบ** บดพอกแผลได้ เป็นยาขับปัสสาวะ และแก้กลาก ดอก แก้เก้เลื่อน

**ราก** ใช้เป็นยาถอนตัวให้ร้อน ทำให้มีเลือดมาเลี้ยงมาก

**น้ำจากราก** เป็นยาหล่อลื่นภายในและขับปัสสาวะ แก้มือเท้าต่าง แก้งั้วแค แก้วพิษพรรดึก

**น้ำคั้นจากใบ** ใช้แก้ผื่นคันที่มีอาการคล้ายลมพิษ

**เมล็ดตูก** ให้สีม่วงแดงใช้แต่งสีอาหารซึ่งมีตำรับยารักษาอาการต่าง ๆ ข้าง ดังนี้

**ท้องผูก** ใช้ใบสดหรือยอดอ่อน ต้มกินเป็นอาหาร

**ปัสสาวะขัด** ใช้ใบสด กินครั้งละ 60 กรัม ตมน้ำกินแบบน้ำชา

**ตกเลือดเรื้อรัง** ใช้ใบสด หรือยอดอ่อน 30 กรัม ถั่วขาว 30 กรัม แม่ไก่ 1 ตัว (เอาขา หัว เครื่องในออก) ใส่น้ำพอสมควร ต้มกิน

**อิดอัด แน่นท้อง** ใช้ใบสดหรือยอดอ่อน ครั้งละ 60 กรัม ต้มให้ข้น ผสมเหล้าอุ่นกิน

**ปวดแขน ขา** ใช้ใบสดหรือยอดอ่อน 30 กรัม ส่วนปลายขามุขบริเวณเล็บ 1 ขา หรือแม่ไก่ 1 ตัว (เอาขา หัว เครื่องในออก) ผสมเหล้าและน้ำอย่างละเท่าๆ กัน ต้มกิน

**ฝืนื้อร้าย** ใช้ใบสดประมาณ 10 ใบ ตำให้ละเอียดและพอ เปลี่ยนวันละ 1-2 ครั้ง

**ไล่ต้งอักเสบ** ใช้ใบสด หรือยอดอ่อน 60-120 กรัม ตมน้ำกิน

**บาดแผลภายนอกมีเลือดออก** ใช้ใบสด ผสมน้ำตาลกรวดตำพอก

## 2. หม่อน (*Morus alba* Linn) [7]



ภาพ 2.2 ลักษณะของผลหม่อน

### ลักษณะทั่วไปของหม่อน

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Morus alba* Linn วงศ์: Moraceae genus Morus

### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [7]

หม่อนเป็นไม้ยืนต้นจำพวกไม้พุ่ม (tree ,shrub ) มีลำต้นใหญ่ ตั้งตรง มีกิ่งก้านมาก ใบ เป็นส่วนที่ใช้เลี้ยงไหม ขนาดความหนา และลักษณะรูปร่างของขอบใบจะแตกต่างกันไปตามชนิดของพันธุ์ รากประกอบด้วย รากแก้ว รากแขนง และรากฝอย แต่หม่อนที่ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งจะมีรากแขนงและรากฝอยเท่านั้น โดยรากแขนงจะทำหน้าที่ยึดลำต้นและกิ่งให้ทรงตัวอยู่ได้ ส่วนรากฝอยมีหน้าที่ดูดซึมอาหารและน้ำจากดิน ดอกและผล โดยทั่วไปหม่อนเป็นพืชที่มีดอกตัวผู้ และดอกตัวเมียแยกกันคนละต้น แต่บางพันธุ์อาจ

มีดอกตัวผู้และดอกตัวเมียอยู่บนต้นเดียวกัน ดอกหม่อนมีลักษณะเป็นกลุ่มเกาะติดกันเป็นช่อ เมื่อดอกตัวเมียได้รับการผสมจะเปลี่ยนเป็นผล ซึ่งมีลักษณะเป็นช่อประกอบด้วยเมล็ดเล็กๆ จำนวนมาก

### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของหม่อน [8]

มีสาร flavonoid, phytoestrogen, triterpene, ceramide, mulberroside และ น้ำมันหอมระเหย โดย มีการศึกษาพบสาร flavonol glycosides 3 ชนิด คือ quercetin 3-(6 malonyglucoside ), rutin (quercetin 3- rutinoside ) และ isoquercetin ( quercetin 3- glucoside ) เป็นองค์ประกอบหลักของสาร LDL antioxidant โดยพบ quercetin 3-(6-malonyglucoside ) และ rutin เป็นสารที่มีประสิทธิภาพสูงในใบหม่อน anthocyanins และ สาร cyanidin – 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside (C3G )

### ประโยชน์ของหม่อน

**ใบ** ใช้เป็นอาหารของหนอนไหม และหนอนไหมที่เจริญเติบโตเต็มที่ จะนำโปรตีนในใบหม่อนไปสร้างเป็นโปรตีนผลิตเป็นเส้นไหม ซึ่งเส้นไหม จะเป็นวัตถุดิบในการผลิตผ้าไหมที่มีความสวยงาม

**ผลหม่อน** มีการพบว่ามีanthocyaninsสูง ในผลหม่อนแห้ง มี ไขมัน 63 % กรดอินทรีย์ 27 % แอลกอฮอล์ 1.6 % และพบว่า สาร cyanidin – 3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside (C3G ) ที่สกัดจาก anthocyanin ในผลหม่อนสามารถต่อต้านอาการขาดเลือดในสมองได้ [9] ซึ่งผลหม่อนมีสรรพคุณใช้รักษาโรคไขข้อ บำรุงหัวใจ บำรุงผมให้ ดอกดำ ดังนั้นผลหม่อนสามารถรับประทานสด นำไปแปรรูปเป็นน้ำผลไม้หม่อนเข้มข้นหรือพร้อมดื่ม และเป็นวัตถุดิบในการผลิตอาหารต่าง เช่นไอศกรีม แยม แยมลี่ ข้าวเกรียบขนมพายลูกหม่อน รวมทั้งการผลิตเป็นเครื่องสำอางค์แอลกอฮอล์ประเภทไวน์

**ลำต้นและกิ่ง** ใช้ดื่มเพื่อช่วยให้ระบบไหลเวียนโลหิตทำงานได้ดีขึ้น รักษาอาการปัสสาวะสีเหลือง กลิ่นฉุนอันเกิดจากความร้อนภายในร่างกาย ช่วยทำให้ระบบลำไส้ทำงานได้ดียิ่งขึ้น ขจัดความร้อนในปอด และกระเพาะอาหาร ขจัดความร้อนในกระเพาะ และเสลดในปอด นอกจากนี้ยังใช้รักษาอาการปวดมือเท้าเป็นตะคริวและเหน็บชาอีกด้วย

**รากหม่อน** มีสารสำคัญกลุ่มอัลคาลอยด์ คูมารินส์ เทอร์ปีน สเตโรลปีน ฟลาโวนอยด์ เบนซินอยด์ นอกจากนี้สารสกัดจากรากหม่อนก็ถูกนำมาใช้เป็น Whitening agent ในผลิตภัณฑ์เครื่องสำอาง อันเนื่องมาจากสารสกัดดังกล่าวมีฤทธิ์ยับยั้งการสร้างเมลานิน (melanin) โดยสาร 2-oxyresveratrol จากกิ่งหม่อน และสาร mulberroside F จากใบ นอกจากนี้สารสกัดจากเปลือกกราก มีฤทธิ์ยับยั้งเอนไซม์ tyrosinase ซึ่งเกี่ยวข้องในขบวนการสร้างเม็ดสีที่ผิวหนังนั่นเอง

### 3. พิลังกาสา (*Ardisia polycephala* Wall.) [10]



ภาพ 2.3 ลักษณะของผลพิลังกาสา

#### ลักษณะทั่วไปของพิลังกาสา

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Ardisia polycephala* Wall. วงศ์: Myrsinaceae

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [10]

พิลังกาสา มีลักษณะเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้น ขนาดเล็ก สูง 1-4 เมตร แต่อาจสูงได้ถึง 10 เมตร ลำต้นตั้งตรง กิ่งก้านกลม หรือเป็นเหลี่ยม สีนํ้าตาลอมเทา กิ่งอ่อนสีนํ้าตาลแดง แตกกิ่งก้านสาขารอบๆ ต้นมาก ใบเป็นใบเดี่ยว เรียงสลับกัน ออกหนาแน่นที่ปลายกิ่ง รูปรีถึงรูปไข่กลับแกมรูปขอบขนาน กว้าง 2.5-5 เซนติเมตร ยาว 6-12 เซนติเมตร ปลายแหลมถึงมน โคนใบรูปลิ่ม ผิวใบและขอบใบเรียบ แผ่นใบมีต่อมเห็นเป็นจุดๆ กระจายอยู่ทั่วไป ใบหนามัน ก้านใบสั้น สีแดง เส้นใบมองเห็นไม่ค่อยชัดเจน ดอกออกเป็นช่อจากซอกใบ และปลายกิ่ง ช่อละ 4-8 ดอก กลีบดอกสีขาวแกมชมพู ก้านช่อดอกยาว 1.5-2.5 เซนติเมตร ก้านดอกย่อยยาว 8-15 มิลลิเมตร ติดกันที่โคนเป็นหลอดสั้นๆ ปลายแยกเป็น 5 แฉก แต่ละแฉกรูปใบหอก ปลายกลีบดอกแหลม กลีบเลี้ยงสีเขียว โคนเชื่อมติดกัน ปลายแยกเป็น 5 แฉก ผลรูปทรงกลมแป้น ผิวเรียบ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางราว 6 มิลลิเมตร ผลอ่อนสีแดง เมื่อสุกมีสีม่วงเข้ม เมล็ดเดี่ยว กลม พบตามป่าดงดิบเขาทั่วไป ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ด

#### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของพิลังกาสา[10]

ผลสุกมาทำเป็นไวน์พิลังกาสา พบว่ามีกลุ่มสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ (Phenolic flavannoid) สูง และสีม่วงนี้เกิดจากรงควัตถุ ที่มีแอนโทไซยานิน (Acnthocyanin)

#### ประโยชน์ของพิลังกาสา

มีรายงานถึงฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาว่า ต้านเชื้อแบคทีเรีย ฤทธิ์เหมือนฮีสตามีน ทำให้กล้ามเนื้อหดตัว รักษามาลาเรีย แก้ท้องเสีย รักษาโรคเกลื้อน ส่งเสริมการเจริญเติบโตของเชื้อรา *Aspergillus* ต้านการจับตัว

ของเกลือเลือด ผลสุกมาทำเป็นไวน์พิลังกาสา พบว่ามีกลุ่มสารแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ (Phenolic flavonoid) สูง ซึ่งเหมาะต่อการส่งเสริมเป็นเครื่องดื่มสุขภาพได้ เพราะสารเหล่านี้ มีคุณสมบัติป้องกันการเกิดเส้นเลือดอุดตัน เส้นเลือดตีบ ลูกพิลังกาสา จะมีสีม่วงเข้มจนเกือบดำ สีม่วงนี้เกิด จากรงควัตถุ ที่มีแอนโทไซยานิน (Anthocyanin) สารกลุ่มนี้เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันไม่ให้อนุมูล ออิสระไปทำลายเซลล์ ช่วยลดอัตราเสี่ยงการเกิดโรคหัวใจและเส้นเลือดอุดตันในสมอง โดยจะไปช่วยยับยั้ง ไม่ให้เลือดจับตัวเป็นก้อน นอกจากนี้ สารแอนโทไซยานินยังช่วยยับยั้งอีโคไล (*E.coli*) ในระบบทางเดิน อาหาร ซึ่งเป็นสาเหตุของโรคท้องร่วงและอาหารเป็นพิษด้วย ปัจจุบันนักโภชนาการได้หันมาและคิดค้น ตำรับอาหารที่ใช้พิลังกาสาเป็นส่วนผสมเพื่อใช้กับผู้ป่วยที่มีปัญหาเกี่ยวกับตับ จึงนับเป็นแนวคิดที่แยบยลใน การพัฒนารูปแบบการใช้อยามาเป็นอาหาร หรืออาหารคือยา ที่มีการกล่าวถึงมานานแล้วนั่นเอง

#### 4. ดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) [11]



ภาพ 2.4 ลักษณะของดอกอัญชัน

##### ลักษณะทั่วไปของดอกอัญชัน

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Clitoria ternatea* L. วงศ์: Fabaceae

##### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [12]

นิยมปลูกเป็นไม้ประดับตามรั้วหรือซุ้ม เถากลมเล็กเรียว สีเขียวอ่อน เถาอ่อน กิ่งอ่อน หูใบ ก้านใบ แกนใบประกอบ แผ่นใบด้านล่าง ก้านดอก ใบประดับ และกลีบเลี้ยง มีขนนุ่ม แตกกิ่งก้านตามข้อใบ เถา ยาว 1-5 เมตร

ใบประกอบแบบขนนกปลายคี่ เรียงสลับ ใบย่อย 2-3 คู่ ใบบาง สีเขียว แต่ละใบมี ใบย่อย 5-9 ใบ ใบย่อยรูปวงรีแกมขอบขนานหรือรูปวงรีแกมไข่กลับ ผิวใบมีขนปกคลุมทั้งสองด้าน หรือบางครั้งผิวด้านบน เกือบเรียบ ขอบใบเรียบ โคนใบสอบ ปลายใบมน ปลายเป็นติ่งแหลมสั้นๆ แผ่นใบเรียบ แผ่นใบค่อนข้างบาง เส้นแขนงใบ ข้างละ 4-5 เส้น

**ดอก** ออกที่ซอกใบ มี 1-2 ดอก กลีบดอก รูปดอกถั่ว มี 5 กลีบ แบ่งเป็น 2 ปาก ปากล่างขนาดใหญ่ ขอบมน กลีบดอกย่นบาง ตรงกลางดอกมีแถบสีเหลืองขาว กลีบเลี้ยงสีเขียวมี 5 กลีบ ดอกมีสีสีน้ำเงิน ม่วง หรือขาว ตรงกลางกลีบสีเหลืองหม่นขอบสีขาว รูปดอกถั่ว แต่ละกลีบมีขนาดไม่เท่ากัน มีกลีบใหญ่ที่สุด 1 กลีบ ซึ่งจะมีจุดแต้มสีเหลืองกลางกลีบ ชนิดนี้เรียกว่าพันธุ์ดอกถั่ว บางครั้งกลีบดอก 5 กลีบมีกลีบใหญ่ มากกว่า 1 กลีบ ในดอกสีน้ำเงินหรือชมพูมีปื้นสีขาวช่วงกลางกลีบด้านโคน กลีบปีกและกลีบคู่ล่าง ขนาด เล็กกว่ากลีบกลางประมาณ กึ่งหนึ่ง มีก้านกลีบเรียวยาวเท่าแผ่นกลีบ กลีบข้างรูปไข่กลับแกมรูปขอบขนาน กลีบคู่ล่างรูปรี

**ผล** เป็นฝัก รูปดาบ แบนยาว ขนาดกว้าง 1-1.5 เซนติเมตร ยาว 5-12 เซนติเมตร มีขนสั้นนุ่ม ปลายเป็นจะงอยสั้นๆ ฝักอ่อนมีสีเขียว พอแก่มีสีน้ำตาลอ่อน แตกเป็น 2 ฝา เมล็ดรูปไต สีดำ ยาวได้ ประมาณ 5 มิลลิเมตร จำนวน 6-10 เมล็ด พบตามแนวชายป่า ป่าละเมาะ ที่ทิ้งร้าง ชอบที่แห้ง **ใช้ดอกแต่ง สีอาหาร และขนมหหลายชนิดสีน้ำเงินจากดอกเป็นสีที่ละลายน้ำได้**

**องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของอัญชัน [12]**

โครงสร้างรงควัตถุแอนโทไซยานินในดอกอัญชันสด (*Clitoria ternatea*) มี 5 ชนิดคือ Ternatins C1-C5 และ D3 กับ Preternatins A3 และ C4

## 5. แก่นฝาง (*Caesalpinia sappan* Linn.) [13]



ภาพ 2.5 ลักษณะของแก่นฝาง

**ลักษณะทั่วไปของแก่นฝาง**

**วิทยาศาสตร์** *Caesalpinia sappan* Linn. **วงศ์:** Leguminosae

**ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [13]**

เป็นไม้พุ่มกึ่งไม้เถา ลำต้นมีหนามโค้งสั้น ๆ และแข็งทั่วไป ผลัดใบ ในธรรมชาติอาจพบที่เป็นเถา ขนาดใหญ่ ใบ เป็นช่อแบบขนนก 2 ชั้น เรียงสลับกัน แต่ละช่อ ประกอบด้วยใบย่อยขอบขนานแคบ ๆ ติด

ตรงข้ามกันเป็นคู่ ปลายใบมนและหยักเว้าตรงกึ่งกลางเล็กน้อย ผิวใบเกลี้ยง ทั้ง 2 ด้าน ขอบใบเรียบ ดอก สีเหลือง ออกรวมกันเป็นช่อไม่แยกแขนงตามปลายกิ่ง และง่ามใบใกล้ ๆ ปลายกิ่ง กลีบรองดอกมี 5 กลีบ ขอบกลีบเกยซ้อนทับกัน กลีบล่างสุดโค้งงอและขนาดใหญ่กว่ากลีบอื่น กลีบดอก มี 5 กลีบ รูปไข่กลับ ผิวและขอบกลีบย่น เกสรผู้ 10 อัน แยกเป็นอิสระ ผล เป็นฝักแบนแข็ง ส่วนที่ค่อนข้างมาทางโคนฝักจะสอบเอียงเล็กน้อยด้านปลายฝักจะผายกว้าง ปลายฝักจะตัดเป็นลักษณะคล้ายจะงอยแหลม อยู่ทางมุมด้านนอก แต่ละฝักมีเมล็ดรูปรี ๆ 2-4 เมล็ด

### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของแก่นฝาง[13]

**แก่นฝาง** (Sappan wood) มีสารสีชมพูส้มถึงแดง (ขึ้นกับปริมาณ) ชื่อ Brazilin แก่นฝางมีรสขื่นขม ฝาด ใช้ต้มน้ำกินเป็นยาบำรุงโลหิตสตรี แก้ปวดพิการ ขับหนอง ขับเสมหะ ทำโลหิตให้เย็น แก้โรคหืด แพทย์ชนบทใช้ต้มน้ำกินแก้อาการท้องร่วง ธาตุพิการ ร้อนใน แก้โลหิตออกทางทวารหนักและทวารเบา

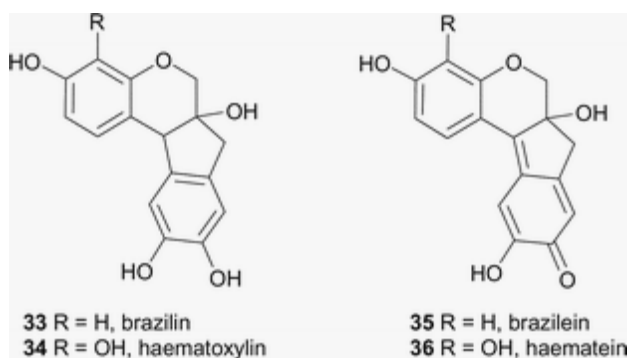
**เนื้อไม้** ใช้แก้ท้องเสีย แก้บิด ทำให้ประจำเดือนมาเป็นปกติ แก้ไข้ รักษาโรคทั่วไป นอกจากนี้ส่วนเปลือก ลำต้นและเนื้อไม้สามารถใช้ต้มน้ำรับประทานรักษาวัณโรค ท้องเสียและอาการอักเสบในลำไส้เป็นยาฝาดสมานและรักษาแผลจากข้อมูลรายงานการทดลองต่าง ๆ ที่มีอยู่ไม่พบข้อมูลการยับยั้งเชื้อ MRSA (Methicillin Resistant *Staphylococcus aureus*) ของฝาง ทราบแต่เพียงว่าสาร Brazilin ในแก่นฝางที่กล่าวถึงข้างต้นนั้น เมื่อผ่านการต้ม สาร Brazilin จะเปลี่ยนเป็นสาร Brazilein ซึ่งมีสีแดงซึ่งสมัยก่อนใช้ในการแต่งสีผ้าหรือแต่งสีขนมและทำน้ำยาอุทัย คุณสมบัติทางยาของเนื้อไม้และเปลือกไม้ฝางเกิดจากกลุ่มของสาร phenol ที่มีชื่อ เรียกว่า homoisoflavonoids ลำต้นและใบมีสาร alkaloid และ phytosterol อยู่ในปริมาณมาก

ปัจจุบันมีรายงานการทดลองของสารทั้ง Brazilin และ Brazilein ดังนี้

- แก้อักเสบ: สาร Brazilin ที่สกัดได้จากแก่นฝางมีฤทธิ์ระงับการอักเสบได้ดี การที่ฝางเสน มีสารระงับการอักเสบนี้อยู่จึงทำให้มีผลระงับอาการหอบหืดได้ด้วย
- ระวังเชื้อโรค: การนำพืชที่มีสาร Brazilin (รวมทั้งฝางเสน) มาแช่ในแอลกอฮอล์จะทำให้ได้น้ำยาสกัดแอลกอฮอล์ที่มีสาร Brazilin ละลายอยู่ น้ำยานี้สามารถยับยั้งเชื้อแบคทีเรียที่ทำให้เกิดไขสูง โรคท้องร่วงระบาด เชื้อ Staphylococcus ได้ นอกจากนี้ในแก่นฝางยังพบว่ามีสารอีกชนิดหนึ่งที่ระงับเชื้อโรคได้เช่นกันคือสาร Sappanin
- แก้ท้องเสีย: แก่นและเปลือกฝางเสนมีสาร Tannin อยู่มากโดยเฉพาะส่วนเปลือกฝางจึงใช้ต้มน้ำกินแก้ท้องเสียหรือปิดอย่างอ่อนได้
- ป้องกันหืด: สาร Brazilein สามารถยับยั้งไม่ให้ร่างกายสร้างสาร Histamine ได้ จึงน่าจะช่วยป้องกันโรคหืดได้ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของฝางนอกจากต้านเชื้อแบคทีเรียแล้ว ยังสามารถต้านเชื้อรา ไวรัส ยีสต์ ลดการอักเสบ ยับยั้งเนื้องอก กระตุ้นภูมิคุ้มกัน และยับยั้งการแพ้ได้ด้วย

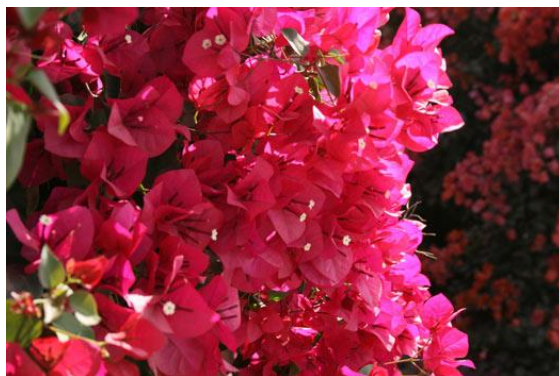
### ประโยชน์ของแก่นฝาง[13]

ทำสีย้อม ซึ่งฝางแบ่งเป็น 2 ชนิดใหญ่ๆ คือ ชนิดหนึ่งแก่นสีแดงเข้ม เรียกว่า ฝางเสน อีกชนิดหนึ่งแก่นสีเหลือง เรียกว่า ฝางส้ม นำมาต้มสกัดสาร Haematoxylin ใช้แต่งสี Nuclei ของเซลล์ หรือต้มให้สีแดงที่ เรียกว่า sappanin ซึ่งเป็นสารให้สีประเภท Brazilin ใช้ทำน้ำยาอุทัยผสมน้ำดื่ม สีผสมอาหารและชาวบ้านนิยมนำมาแต่งสีผ้าไหม ผ้าฝ้ายและผ้าขนสัตว์



ภาพ 2.6 สารในแก่นฝาง

### 6. ดอกเฟื่องฟ้า (*Bougainvillea hybrida*.) [14]



ภาพ 2.7 ลักษณะของดอกเฟื่องฟ้า

#### ลักษณะทั่วไปของดอกเฟื่องฟ้า

ชื่อวิทยาศาสตร์ : *Bougainvillea hybrida*. วงศ์: Nyctaginaceae

ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [14]

เป็นไม้ยืนต้นประเภทพุ่มกึ่งเลื้อยอายุยืนหลายสิบปี ขนาดตั้งแต่พุ่มเล็กถึงพุ่มใหญ่ มีหนามขึ้นตามลำต้นอยู่เหนือใบ ใบเป็นใบเดี่ยวแตกออกสลับกับกิ่งหรือเอียงกัน มีขนขึ้นปกคลุมเล็กน้อย มีสีเขียวหรือใบด่าง รูปร่างรีแหลมยาว 3-6 ซม. กว้าง 2.5 ซม. ใบประดับลักษณะคล้ายรูปหัวใจหรือรูปไข่มี 3-5 ใบ มี

หลายสี เช่น ม่วง แดง ชมพู ส้ม ฟ้า เหลืองและอื่นๆ ผู้พบเห็นทั่วไปมักเข้าใจว่าใบประดับคือดอก ดอกมีทั้งดอกสมบูรณ์เพศและไม่สมบูรณ์เพศ ออกเป็นช่อตามซอกใบหรือปลายกิ่ง แต่ละช่อมี 3 ดอก เป็นหลอดยาว 1-2 ซม. ติดอยู่ที่เส้นกลางใบของใบประดับ ส่วนใหญ่มักเข้าใจว่าดอกคือเกสรดอก ดอกเป็นชนิดไม่มีกลีบดอก มีกลีบเลี้ยง 5 กลีบ มีเกสรตัวผู้ 5-10 อัน การปลูกเลี้ยงในประเทศไทยมักจะเกิดการกลายพันธุ์โดยเนื้อเยื่อบริเวณตามีการเปลี่ยนแปลงในระดับเซลล์ทำให้ส่วนต่างๆ เปลี่ยนไป เช่น สีของใบประดับเปลี่ยนไป กลายพันธุ์เป็นใบประดับซ้อน กลายพันธุ์เป็นใบต่าง กลายพันธุ์เป็นดอกกระจุก เป็นต้น

### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเฟื่องฟ้า [15]

สารเม็ดสีกลุ่มฟลาโวนอยด์ betalain และ betacyanins

### นิเวศวิทยา

มีถิ่นกำเนิดทวีปอเมริกาใต้ ขยายพันธุ์ด้วยวิธีการตอนกิ่ง ปักชำกิ่ง ตอนกิ่ง เสียบยอด

### ประโยชน์ของเฟื่องฟ้า

ปลูกเป็นไม้ประดับ มีหลากหลายพันธุ์ หลายสี

## 7. ดอกทองกวาว (*Butea monosperma* Lam. Taub.) [16]



ภาพ 2.8 ลักษณะของดอกทองกวาว

### ลักษณะทั่วไปของดอกทองกวาว

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Butea monosperma* (Lam.) Taub.

วงศ์: FABACEAE (LEGUMINOSAE PAPILIONOIDEAE)

### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์[16]

ไม้ขนาดกลาง สูง 8-15 เมตร ลำต้นส่วนมากจะคดงอ และแตกกิ่งต่ำ เปลือกสีเทาคล้ำ แตกสะเกษเป็นร่องตื้น ๆ ใบ เป็นใบประกอบที่ออกจาก จุดปลายก้านเดียวกัน 3 ใบ ติดเรียงเวียนสลับ แน่นบริเวณปลายกิ่ง ใบย่อยรูปป้อม โคนเบี้ยว ปลายมน ลักษณะคล้ายรูปสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูน ใบกลางจะมีก้านใบ

ยาวและใหญ่ที่สุด ดอก ออกเป็นช่อ ตามกิ่งเหนือรอยแผลใบและตามปลายกิ่ง ส่วนฐานรองดอกเชื่อมติดกัน เป็นรูปถ้วย ดอกสีแสดที่เป็นสีเหลืองหายาก ลักษณะเป็นดอกถั่วขนาดใหญ่มี 5 กลีบ เกสรผู้มี 10 อัน แยก เป็นอิสระ 1 อัน อีก 9 อัน โคนก้านเชื่อม ติดกันเป็นหลอด ผล เป็นฝักแบน กว้างประมาณ 3.5 ซม. ยาวถึง 14 ซม. มีขนคลุมแน่น ภายในมีเมล็ดแบน ๆ มีเมล็ดเดียว

#### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของทองกวาว[18]

มีสารกลุ่ม flavonoids ได้แก่ butin, butein, butrin, isobutrin, palasitrin, coreopsin, isocoreopsin, sulphuresin monospermoside, isomonospermoside และ 7,3,4-trihydroxyflavone

นิเวศวิทยา พบขึ้นกระจายทั่วไปตามที่ราบลุ่มในป่าเบญจพรรณ ตามภาคต่าง ๆ ที่สูงจากระดับน้ำทะเล 80-300 เมตร

#### ประโยชน์ของทองกวาว [17]

เนื้อไม้เมื่อแห้งมีน้ำหนักเบาและหดตัวมาก ใช้ทำกระดานกรูบน้ำ ดอก ให้สีแดงใช้ย้อมผ้า เมล็ด ใช้บำบัดพยาธิภายใน ดอกใช้ขับปัสสาวะ

### 8. ดอกโสน (*Sesbania aculeate*) [18]



ภาพ 2.9 ลักษณะของดอกโสน

#### ลักษณะทั่วไปของดอกโสน

ชื่อวิทยาศาสตร์: *Sesbania aculeate* วงศ์: Leguminosae

#### ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ [18]

เป็นไม้ล้มลุก เป็นพุ่มขนาดกลาง ลำต้นสูงเพราะบางเพราะไม่มีแก่น สูงประมาณ 2-3 เมตร มีกิ่ง ก้านห่างๆ ใบเล็กฝอยคล้ายกับใบมะขามหรือใบกระถิน ดอกสีเหลืองคล้ายดอกแค แต่ดอกเล็กกว่า มีฝักยาว มีเมล็ดในฝักคล้ายกับถั่วเขียวแต่ฝักยาวกว่า ดอกโสนสามารถนำมาประกอบอาหารได้หลายชนิด เช่น นำมา ชุบแป้งทอดกรอบ รับประทานกับขนมจีนน้ำพริก ดอกโสนมีรสหวานชวนรับประทานมาก

### องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของดอกโสน [19]

flavone glycoside-5, 7, 8-trihydroxy-6, 4'-dimethoxy-flavone-7-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-O- $\beta$ -D-xylopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 4)-galactopyranoside , 3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranosyl-(1 $\rightarrow$ 2)- $\beta$ -D-glucopyranoside, Mearnssetin-3-O- $\alpha$ -L-rhamnopyranoside และ Gehuain (isoflavone)

### นิเวศวิทยา

ต้นโสนขึ้นเองอยู่โดยทั่วไป โดยเฉพาะตามริมคูน้ำ ริมคลอง ในที่ชื้นแฉะ เป็นพืชขึ้นง่าย ไม่ต้องบำรุงรักษาถึงองงามดี

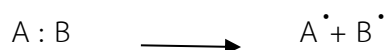
### ประโยชน์ของดอกโสน [18]

เอาต้นโสนมาเผาไฟให้เกรียม แล้วเอามาต้มชงเอาน้ำดื่ม เป็นยาขับปัสสาวะ ดอกโสนนำมาผัดน้ำมันเล็กน้อย หรือเอามาลวกจิ้มน้ำพริกรับประทาน เป็นยาแก้ปวดมวนท้อง ดอกโสนจิ้มน้ำพริกมะนาว แกงดอกโสน ดอกโสนผัดน้ำมันหอย ยำดอกโสน ขนมดอกโสน

### อนุมูลอิสระ [20]

อนุมูล หรือ อนุมูลอิสระ คือ อะตอม โมเลกุล หรือสารประกอบที่มีอิเล็กตรอนเดี่ยวอยู่ในออร์บิทัลวงนอกสุดที่มีระดับพลังงานสูง สัญลักษณ์ทางเคมีของอนุมูล หรืออนุมูลอิสระ คืออิเล็กตรอนเดี่ยวของอนุมูลซึ่งจะแสดงด้วยจุดในตำแหน่งข้างบนของสัญลักษณ์ทางเคมี เช่น อนุมูล A $\cdot$  อนุมูล A $^{\cdot-}$  และอนุมูล A $^{\cdot+}$  โดยเฉพาะอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำจะไวต่อการเกิดปฏิกิริยามากกว่าอนุมูลที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูง อนุมูลอิสระจึงมีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มีความไวสูงในการเกิดปฏิกิริยากับโมเลกุลอื่นๆ ตัวอย่างของอนุมูลอิสระที่มีความสำคัญในทางชีวภาพได้แก่ อนุมูลซูเปอร์ออกไซด์แอนไอออน (O $^{\cdot-}_2$ ) อนุมูลไฮดรอกซี ( $\text{OH}^{\cdot}$ ) อนุมูลอัลคอกซี (RO $^{\cdot}$ ) และอนุมูลเปอร์ไฮดรอกซี (OH $^{\cdot}_2$ ) อนุมูลอิสระเหล่านี้ จัดเป็นอนุมูลที่ไวในการเกิดปฏิกิริยาสูงมาก และขณะที่ไนตริกออกไซด์ (NO) หรือ อนุมูลไนตริกออกไซด์ ( $\text{NO}^{\cdot}$ ) อนุมูลวิตามินอี และอนุมูลวิตามินซี เป็นอนุมูลที่มีความไวสูงรองลงมา การเกิดอนุมูลอิสระมี ได้หลายกลไกที่แตกต่างกัน ดังนี้

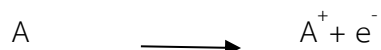
1. การแตกของพันธะโควาเลนต์แบบโฮโมไลซิส



2. การเพิ่มอิเล็กตรอน 1 ตัวให้แก่อะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า



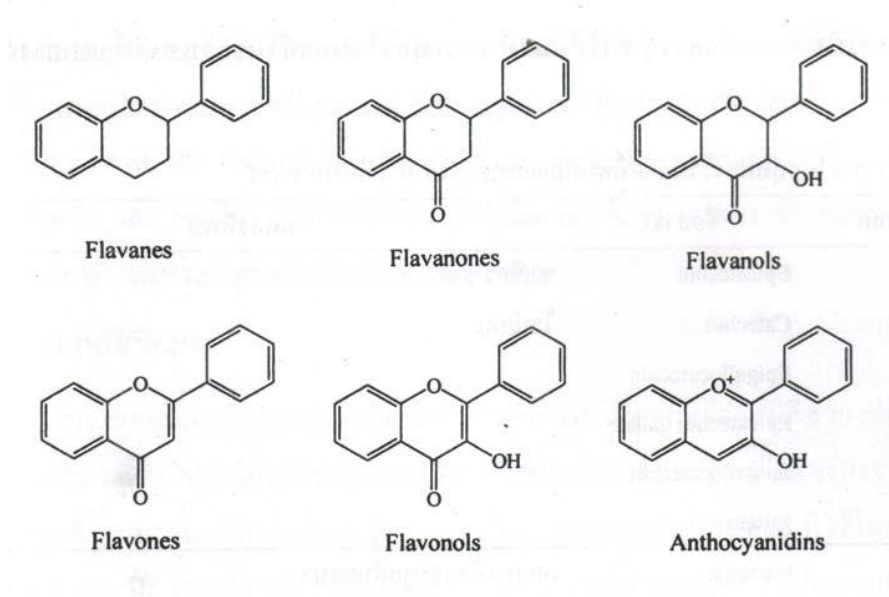
3. การสูญเสียอิเล็กตรอน 1 ตัวให้แก่อะตอมที่เป็นกลางทางไฟฟ้า



### สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) [21]

สารประกอบฟีนอลิก จัดเป็นสารต้านอนุมูลที่ได้รับจากภายนอก และพบได้มากในธรรมชาติ ได้แก่ พืชผัก ผลไม้ ชาเขียว ชาดำ ช็อกโกแลต และไวน์แดง เป็นต้น ในปัจจุบันพบ สารประกอบฟีนอลิกมากกว่า 8,000 ชนิด ในธรรมชาติ ตั้งแต่โมเลกุลอย่างง่าย เช่น กรดฟีนอลิก ฟีนอล โพรพานอยด์ และฟลาโวนอยด์ ไปจนถึงโครงสร้างโพลีเมอร์ที่ซับซ้อน เช่น ลิกนิน เมลานิน และแทนนิน เป็นต้น แม้ว่าปริมาณสารกลุ่มฟีนอลิกในธรรมชาติจะมีปริมาณที่แตกต่างกัน แต่พบว่าปริมาณโดยเฉลี่ยที่คนได้รับต่อวันจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 20 มิลลิกรัม - 1 กรัมซึ่งเป็นปริมาณที่สูงกว่าปริมาณวิตามินอี ที่ได้รับต่อวัน สารโพลีฟีนอลิกเป็นสารที่บอบบางสำคัญเนื่องจากมีฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย ต้านไวรัส ต้านการอักเสบ ต้านการแพ้ และมีคุณสมบัติในการสลายลิ่มเลือด รวมเป็นสารต้านการก่อมะเร็ง และสามารถลดความดันโลหิตในการสลายลิ่มเลือด เหล่านี้เป็นต้น ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวนี้มีความสัมพันธ์กับ คุณสมบัติ การเป็นสารต้านอนุมูลโครงสร้างทั่วไปของ สารประกอบฟีนอลิก ประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นวงอะโรมาติก และมีหมู่แทนที่เป็นหมู่ไฮดรอกซี อย่างน้อย 1 หมู่ ในที่นี้จะกล่าวถึงสารกลุ่มที่สำคัญ ได้แก่ ฟลาโวนอยด์

**สารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) [21]** แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้หลายกลุ่ม ตามความแตกต่างของสูตรโครงสร้างโดยเฉพาะที่วงที่มีอะตอมออกซิเจนอยู่ในรูปแบบต่างๆ เช่น อีเทอร์ คีโตน รวมทั้ง การมีหมู่ไฮดรอกซีแทนที่บนวงอะโรมาติกในโมเลกุล ตัวอย่างของสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ได้แก่ ฟลาแวน (flavanes), ฟลาแวนอน (flavanones), ฟลาแวนอล (flavanols), ฟลาโวนอล (flavonols), ฟลาโวน (flavones) และแอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) เป็นต้น โครงสร้างของกลุ่มฟลาโวนอยด์บางชนิด ดังภาพ 2.10



ภาพ 2.10 ตัวอย่างของกลุ่มฟลาโวนอยด์ [21]

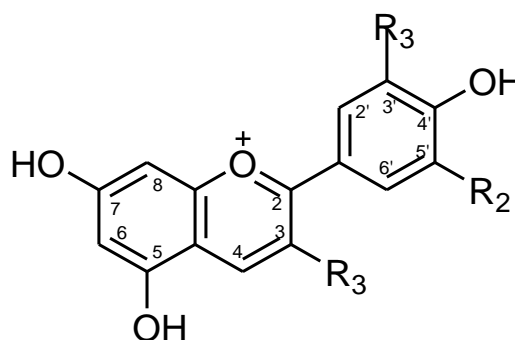
## สารกลุ่มแอนโทไซยานิน (Anthocyanins)

### การเกิดและโครงสร้างของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานิน ประกอบด้วยส่วนของอะไกลโคโคน (aglycone) น้ำตาล (sugar) และหมู่เอซิล (acyl group) [22] ปัจจุบันมีการค้นพบแอนโทไซยานินมากกว่า 300 ชนิดจากสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ ที่ได้พบกว่า 7,000 ชนิดแต่ละชนิดจะมีสีส้ม

คุณสมบัติแตกต่างกันไป แอนโทไซยานินจะมีด้วยกันหลายชนิดแต่ทุกชนิดจะมีโครงสร้างหลักเป็นสารชนิดเดียวกันที่เรียกว่า แอนโทไซยานิดิน (anthocyanidins) ที่มีคาร์บอน 15 อะตอมอยู่ในโมเลกุล [23] คือโครงสร้างแบบ  $C_6C_3C_6$  ซึ่งเป็นไกลโคไซด์ (glycoside) ของ 2-phenylbenzopyrylium หรือ flavylium cation แอนโทไซยานิดินสามารถเกิดได้ประมาณ 20 ชนิด แต่มีอยู่ 6 ชนิดเท่านั้นที่พบได้ในพืช คือ pelargonidin (Pg) คิดเป็น 18 % cyanidin (Cy) คิดเป็น 30 % delphinidin (Dp) คิดเป็น 22 % และ peonidin (Pn) petnidin (Pt) และ malvidin (M') คิดเป็น 20 % [22] ดังแสดงในภาพ 2.11 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าแอนโทไซยานินแต่ละชนิดมีความแตกต่างกันดังนี้

1. จำนวนของหมู่ไฮดรอกซี (hydroxyl group) ในโมเลกุล
2. ระดับการเกิดเมทิลเลชัน (degree of methylation) ของหมู่ไฮดรอกซี
3. ธรรมชาติ จำนวนและตำแหน่งของในการเกิดไกลโคซิเลชัน (glycosylation)
4. ธรรมชาติและจำนวนของอะโรมาติก (aromatic) หรือ aliphatic acids ที่อยู่ใกล้กับ glycosylresidue



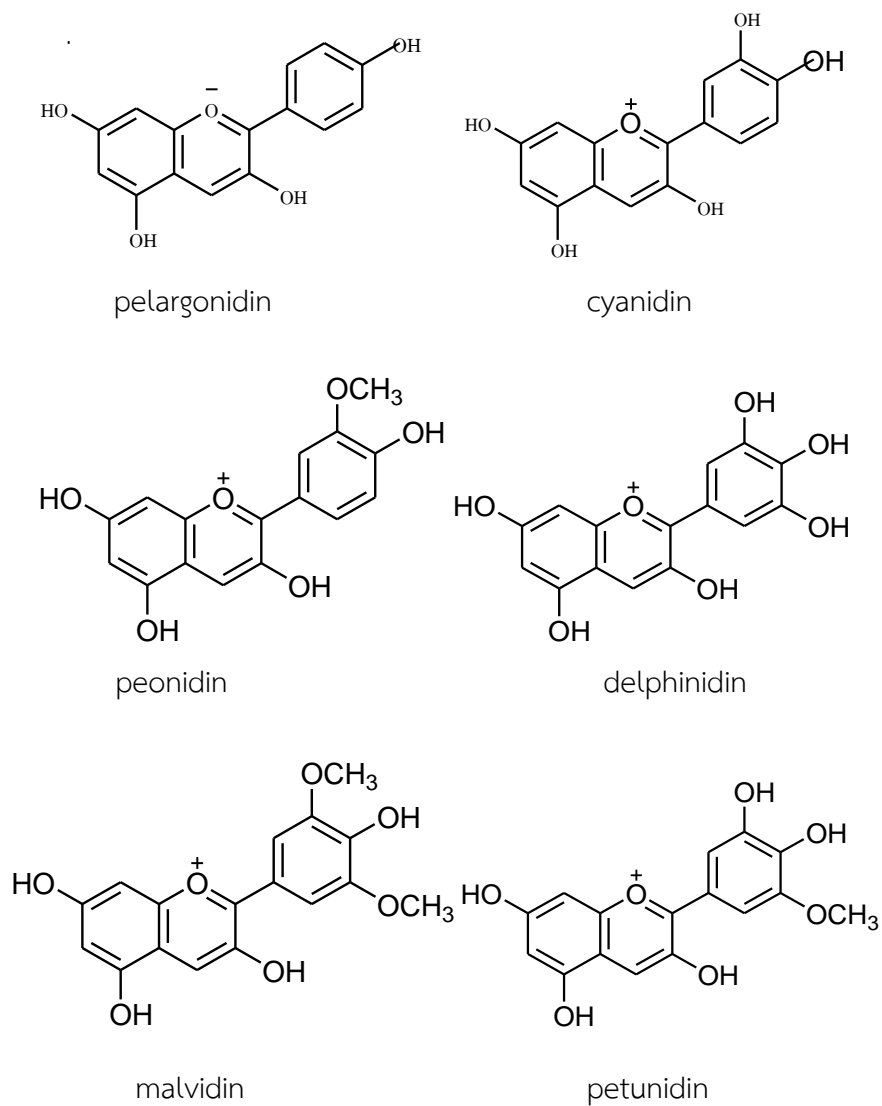
ภาพ 2.11 โครงสร้างหลักของแอนโทไซยานิน

ตาราง 2.1 การดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิดิน [24]

ชนิดของแอนโทไซยานิน	การแทนที่		
	R1	R2	R3
Delphinidin	OH	OH	OH
Cyanidin	OH	H	OH
Petunidin	OCH <sub>3</sub>	OH	OH
Peonidin	OCH <sub>3</sub>	H	OH
Malvidin	OCH <sub>3</sub>	OCH <sub>3</sub>	OH
Pelargonidin	H	H	OH

การแทนที่ของหมู่ไฮดรอกซี (OH) และหมู่เมทอกซี (OCH<sub>3</sub>) ของ flavylium ring จะทำให้เกิดสีของแอนโทไซยานิดิน กล่าวคือ การเพิ่มจำนวนของหมู่ไฮดรอกซีจะทำให้เกิดเฉดของสีฟ้า (blue shade) ส่วนการเพิ่มจำนวนของหมู่เมทอกซี จะทำให้เกิดสีแดง (redness) [25] ได้รายงานว่าการเพิ่มจำนวนของหมู่ไฮดรอกซี จะทำให้ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant activity) เพิ่มขึ้น ซึ่งสีแต่ละการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิดินแต่ละชนิด แสดงไว้ในตาราง 2.1 เนื่องจากการแทนที่ของกรด และต่างเกิดขึ้นได้ในหลายตำแหน่ง จึงทำให้จำนวนของแอนโทไซยานินมีมากกว่าแอนโทไซยานิดิน 15-20 เท่า โมเลกุลของน้ำตาลที่ต่อกับแอนโทไซยานิดิน ได้แก่ กลูโคส (glucose) กาแลกโตส (galactose) แรมโนส (rhamnose) อะราบิโนส (arabinose) ไตรแซ็กคาไรด์ ไตรแซ็กคาไรด์ แอนโทไซยานินพบมากที่สุดคือ 3-monoside, 3-biosides, 3,5-diglycosides 3,7- diglycosides [26]

แอนโทไซยานินที่พบในธรรมชาติส่วนใหญ่มี 6 ชนิดคือ pelargonidin, cyanidin, peonidin, delphinidin, petunidin และ malvidin ดังภาพ 2.12



ภาพ 2.12 โครงสร้างแอนโทไซยานินที่พบในธรรมชาติทั้ง 6 ชนิด [27]

### แหล่งของแอนโทไซยานิน

แอนโทไซยานินพบใน ผัก และผลไม้ มีช่วงสีที่กว้างตั้งแต่สีแดงถึงสีน้ำเงินแอนโทไซยานินพบมากในหลายแหล่ง เช่น องุ่น แบล็คเคอร์แรนท์ แบล็คเคอร์รี่ ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ แอปเปิ้ล เชอร์รี่ กะหล่ำแดง มะเขือม่วง [2] ดังตาราง 2.2

ตาราง 2.2 ปริมาณแอนโทไซยานินที่พบในผักและผลไม้ [28]

แหล่งที่มา	ปริมาณรงควัตถุ (มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักสด)	อ้างอิง
แบล็คเบอร์รี่	83 – 326	Mazza and Miniati, 1993[29]
แบล็คเคอร์แรนท์	130 – 400	Mazza and Miniati, 1993[29]
แบล็คราสเบอร์รี่	300 – 400	Timberlake, 1988
บลูเบอร์รี่	25 – 497	Mazza and Miniati, 1993[29]
แครนเบอร์รี่	60-200	Timberlake, 1988
เอเดอร์เบอร์รี่	450	Kraemer-Schafhalter et al., 1996
องุ่น	6-600	Mazza and Miniati, 1993[29]
กะหล่ำปลีแดง	25	Timberlake, 1988
ราสเบอร์รี่สีแดง	20-60	Mazza and Miniati, 1993[29]

## ปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน

## 1. เอนไซม์

การใช้เอนไซม์บางชนิดในการปรับปรุงคุณภาพน้ำผลไม้ เป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียแอนโทไซยานินได้ เนื่องจากจะพบ glucosidase เสมอเมื่อเตรียมเอนไซม์บางชนิด [2, 30] พบว่าองุ่น และเบอร์รี่มีเอนไซม์กลุ่ม Phenolase ( phenolases, polyphenolases) ซึ่งสามารถทำลายแอนโทไซยานิน [31] เช่น polyphenoloxidase พบว่าเป็นสาเหตุส่วนใหญ่ในการทำลายแอนโทไซยานินในระหว่างกระบวนการผลิตน้ำบลูเบอร์รี่

## 2. ออกซิเจนและกรดแอสคอร์บิก

ออกซิเจนมีส่งผลร้ายต่อแอนโทไซยานินและเป็นที่รู้กันว่าการเก็บแอนโทไซยานินภายใต้สภาวะสูญญากาศหรือสภาวะบรรยากาศที่มีไนโตรเจนแอนโทไซยานินจะมีความคงตัว กว่าสภาวะที่มีออกซิเจน ดังนั้นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้การเก็บผลิตภัณฑ์ที่มีแอนโทไซยานินควรมีการขจัดขางออกซิเจนและช่องว่างอากาศ (headspace) ที่เหลือควรมีน้อยเพื่อป้องกันแอนโทไซยานิน ลดลงระหว่างเก็บรักษาและจัดจำหน่าย ออกซิเจนยังสามารถลดปริมาณแอนโทไซยานินทั้ง ทางตรงและทางอ้อมโดยการออกซิไดซ์สารประกอบแอนโทไซยานินและนอกจากนี้ไอออนของ โลหะและกรดแอสคอร์บิกก็มีส่วนในการทำให้เกิดการออกซิไดซ์สารประกอบแอนโทไซยานิน เช่นกัน [30]

## 3. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ [1]

แอนโทไซยานินเมื่อทำปฏิกิริยากับซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะทำให้ผลิตภัณฑ์สีจาง [28] ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นสามารถย้อนกลับได้ดังตัวอย่างกระบวนการต้มผลไม้ที่มีการใช้ซัลไฟต์ในการถนอมอาหารซึ่งจะพบว่าซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกแยกออกจากตัวผลิตภัณฑ์และเหลือแอนโทไซยานินที่มีสีเจือจางลงดังนั้นไม่ควรใช้

ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในการถนอมอาหารกับผลิตภัณฑ์ที่มีแหล่งของแอนโทไซยานินอยู่แต่ควรใช้สารที่เป็นส่วนประกอบของ benzoate และ sorbate แทนจะเหมาะสมกว่า [2]

#### 4. ความเป็นกรด-ด่าง (pH)

แอนโทไซยานินมีคุณสมบัติของการบอกค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH indicators) ได้โดยสารละลายแอนโทไซยานินมีการเปลี่ยนแปลงสีเมื่อค่าความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้นจากความเป็นกรด-ด่าง 1.0 ไปยังความเป็นกรด-ด่าง 4.0, 6.0, 8.0, 12.0 จนถึงความเป็นกรด-ด่าง 13.0 ดังนั้นเพื่อให้เกิดความเหมาะสมในการใช้แอนโทไซยานินเพื่อให้ได้ระดับสีที่พึงพอใจควรใช้แอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์ที่เป็นกรดเท่านั้น ซึ่งมีค่าความเป็นกรด-ด่างไม่เกิน 4.0 [2]

#### 5. ผลของ Water Activity และน้ำตาล

การศึกษาหลายๆ อย่างแสดงว่าแอนโทไซยานินมีความคงตัวเพิ่มขึ้นเมื่อมีการลดลงของค่า Water Activity (aw) [28] แอนโทไซยานินชนิดผงมีค่า Water Activity น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.3 พบว่ามีความคงตัวสามารถเก็บได้หลายปีเมื่อเก็บในถุงที่มีการซิลปิดสนิท [32] โดยได้ทำการเก็บสารสกัดจากแบล็คเคอร์แรนที่อยู่ในรูปผงที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส พบว่าหลังจาก 15 เดือนปริมาณแอนโทไซยานินลดลงร้อยละ 14 และเมื่อมีการ 20 ผสม starch syrup และ maltodextrin ลงไปเพื่อใช้เป็นตัวพาในกระบวนการทำแห้ง พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินลดลงร้อยละ 2 และร้อยละ 3 ตามลำดับ

#### 6. ประจุบวก (cation)

ประจุบวกบางชนิดที่เป็น di และ trivalent metal ion เป็นสาเหตุให้เกิด bathochromic shift ของการดูดกลืนแสงสูงสุดของความยาวคลื่นซึ่งจะเห็นความแตกต่างของสีน้ำเงินและเกิดการตกตะกอนของรงควัตถุดังนั้นจึงควรหลีกเลี่ยงไม่ให้แอนโทไซยานินสัมผัสกับเหล็ก (iron) โลหะ (mild steel) และทองแดง (copper) และการบรรจุผลิตภัณฑ์อาหารลงในกระป๋องดีบุกควรมีการเคลือบแลคเกอร์ที่ไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย [2]

#### 7. อุณหภูมิและแสงสว่าง

แอนโทไซยานินมีความคงทนต่อความร้อนได้ดีและเพียงพอสำหรับการใช้ในกระบวนการแปรรูปต่างๆ เช่น แยม การต้มน้ำตาล และผลไม้กระป๋อง การเกิด acylation กับโมเลกุลน้ำตาลจะเพิ่มความคงทนต่อความร้อนและแสงมากขึ้นเช่นกะหล่ำปลีแดงประกอบด้วย mono- และ di acylated anthocyanin มาก จึงทำให้มีความคงทนต่อความร้อนและแสงดี [2, 33] กล่าวว่าการเสื่อมของแอนโทไซยานินในสารละลายแอนโทไซยานินเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 30 เป็นร้อยละ 60 หลังจากเก็บไว้ 60 วันเมื่อมีการเพิ่มอุณหภูมิการเก็บจาก 10 องศาเซลเซียสเป็น 23 องศาเซลเซียสในกระบวนการถนอมอาหารเพื่อให้มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด [32] แนะนำให้ใช้กระบวนการผลิตที่ใช้ความร้อนสูงเวลาสั้น (High-temperature short-time)

#### 8. โปรตีน

สารสกัดแอนโทไซยานินจากองุ่นบางตัวจะทำปฏิกิริยากับโปรตีนเช่นเจลาตินซึ่งทำให้เกิดการเป็นตะกอนแต่ปฏิกิริยานี้มักเกิดจากสารประกอบชนิดอื่นที่ไม่ใช่รงควัตถุเช่นสารประกอบฟีนอลิก (phenolic)

มากกว่าที่จะเกิดจากตัวแอนโทไซยานินเองเนื่องจากแอนโทไซยานินที่มีความบริสุทธิ์เท่านั้นที่จะทำปฏิกิริยากับเจลาติน [2]

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สีจากธรรมชาติพบได้ทั่วไปในพืชรงควัตถุในธรรมชาติสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่มสีใหญ่ๆ ได้แก่ tetrapyrroles (เช่น chlorophyll), carotenoids (เช่น carotene), polyphenolic compounds (เช่น anthocyanins), และ alkaloids (เช่น betalains) [34] ในงานวิจัยนี้ได้สนใจพืชในกลุ่มแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้ จัดอยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนแปลงไปตามสภาวะความเป็นกรดเบส โดยมีสีน้ำเงินเข้มในสภาวะที่เป็นด่าง มีสีม่วงเมื่อเป็นกลาง และจะเปลี่ยนเป็นสีแดงส้มเมื่อเป็นกรด สามารถพบแอนโทไซยานินในส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ใบ ดอก และผล โดยสารกลุ่มนี้สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม และผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้หลายชนิด แต่ที่ได้รับความสนใจมากในปัจจุบันคือมีสมบัติในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ [35] ซึ่งพบว่าพืชที่สนใจศึกษาที่ให้สีม่วงน้ำเงิน ได้แก่ ดอกอัญชัน (*Clitoria natea* L.) ลูกผักปลัง (*Basella alba* L.) ผลหม่อน (*Morus alba* L.) และผลพิลังกาสา (*Ardisia elliptica* Thumb.)

จากการศึกษาในปี 2008 Pawlowska และคณะในการศึกษาองค์ประกอบและปริมาณของฟลาโวนอยด์ของผลหม่อนสองชนิดคือ *Morus nigra* L. และ *Morus alba* L. พบว่า quercetin 3-O-rutinoside เป็นโครงสร้างหลักและมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในผลของ *Morus nigra* L. และ *Morus alba* L. เท่ากับ 37.8 และ 19.9 มิลลิกรัมสมมูล quercetin 3-O-rutinoside ต่อ 10 กรัม ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณแอนโทไซยานินในผล *Morus nigra* L. มีโครงสร้าง cyanidin 3-O-glucoside และ cyanidin 3-O-rutinoside เป็นโครงสร้างหลักและโครงสร้างรองตามลำดับและมีปริมาณแอนโทไซยานินรวมในผลสดของ *Morus nigra* L. เท่ากับ 27 มิลลิกรัมสมมูล cyanidin 3-O-glucoside ต่อ 10 กรัม [36] ต่อมาในปี 2011 Leelahemaratanana ได้ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของกากผลหม่อนซึ่งเป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิตน้ำผลไม้โดยเตรียมตัวอย่างกากผลหม่อนด้วยวิธีทำแห้งแบบใช้ลมร้อนและทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง พบว่าจากการศึกษาผลของกรรมวิธีการทำแห้งต่อปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดที่มีในกากผลหม่อนโดยวิธี pH-differential พบว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแช่เยือกแข็งมีปริมาณแอนโทไซยานินเป็น 4 เท่าของตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งด้วยลมร้อนโดยตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแช่เยือกแข็งมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด  $1927.6 \pm 18.9$  มิลลิกรัมสมมูล cyanidin 3-glucoside ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งและตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งด้วยลมร้อนมีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด  $505.7 \pm 15.2$  มิลลิกรัมสมมูล cyanidin 3-glucoside ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง นอกจากนี้ได้ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมโดยวิธี total phenolic assay ของกากผลหม่อนพบว่าตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแช่เยือกแข็งมีปริมาณฟีนอลิกรวมเป็น 2 เท่าของตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งด้วยลมร้อนโดยตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งด้วยลมร้อนมีปริมาณฟีนอลิกรวม  $2174.7 \pm 22.5$  มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งและตัวอย่างที่ทำแห้งด้วย

วิธีทำแห้งแช่เยือกแข็งมีปริมาณฟีนอลรวม 4067.4 ± 1.8 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง และศึกษาผลของกรรมวิธีการทำแห้งต่อสมบัติการต้านออกซิเดชันโดยวิเคราะห์สมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) ในกากผลหม่อนพบว่าตัวอย่างกากผลหม่อนแห้งมีสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ในตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งแช่เยือกแข็งและตัวอย่างที่ทำแห้งด้วยวิธีทำแห้งด้วยลมร้อนมีค่า 1360.8 ± 1.5 และ 768.0 ± 11.0 มิลลิกรัมสมมูลวิตามินซีต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งตามลำดับ [37] การแสดงผลของสมบัติการต้านอนุมูลอิสระเป็นผลมาจากปริมาณแอนโทไซยานินและสารประกอบฟีนอลิกอื่นๆซึ่งเป็นสารประกอบหลักในการต้านออกซิเดชันและถึงแม้จะเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลานานผลิตภัณฑ์ทำแห้งแช่เยือกแข็งจะยังคงสมบัติการต้านออกซิเดชันไว้ได้มากที่สุด [38] จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลหม่อน *Morus nigra* L. และ *Morus alba* L. พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระอยู่ที่ 0.75 – 1.25 มิลลิโมลาร์สมมูลของโทรลอคซ์ต่อกรัมและ 48 - 79 ไมโครกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อมิลลิลิตรโดยการทดสอบด้วยวิธี ABTS และ DPPH ตามลำดับ [39]

ในการสกัดสีธรรมชาติด้วยน้ำกลั่นจากใบ ก้านใบและผลของผักปลัง เพื่อพัฒนาเป็นสีผสมอาหาร โดยแต่งสีเม็ดแป้งและวุ้นพบว่าสีที่สกัดได้จากส่วนของใบและผลเท่ากับ 4.48% และ 4.01% ตามลำดับ [40] และในศึกษาความคงทนของแอนโทไซยานินในลูกผักปลัง (*Basella rubra*) ได้แก่ แสง ความเป็นกรดต่าง และอุณหภูมิ พบว่าในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างแสงและความเป็นกรด-ต่าง พบว่าค่าการสลายตัวของสารสกัดลูกผักปลังสุกที่ไม่มีแสงและที่ภาวะเป็นกลางมีค่าการสลายตัวเท่ากับ 0.0010 ต่อชั่วโมง ซึ่งต่ำกว่าที่มีแสงและที่ภาวะความเป็นกรดมีค่าการสลายตัวเท่ากับ 0.0033 ต่อชั่วโมงและในทำนองเดียวกันในการศึกษาค่าครึ่งชีวิตพบว่าค่าครึ่งชีวิตที่ไม่มีแสงและที่ภาวะเป็นกลางมีค่าเท่ากับ 693 ชั่วโมง และที่ระบบที่มีแสงและที่ภาวะความเป็นกรดมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 210 ชั่วโมง และการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความเป็นกรด-ต่าง พบว่าค่าการสลายตัว 40 องศาเซลเซียสมีค่า  $1.15 \times 10^{-1}$ ,  $9.28 \times 10^{-2}$  และ  $9.64 \times 10^{-2}$  ต่อชั่วโมงที่ pH 4.0, 5.0 และ 6.0 ตามลำดับและที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสค่าการสลายตัวสลายตัวเพิ่มขึ้นเป็น  $3.32 \times 10^{-1}$ ,  $2.76 \times 10^{-1}$  และ  $2.55 \times 10^{-1}$  ต่อชั่วโมงที่ pH 4.0, 5.0 และ 6.0 ตามลำดับ [41] และในปี 2010 Lin และคณะได้ศึกษาโครงสร้างและการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของรงควัตถุสีม่วงแดงของลูกผักปลัง (*Basella alba*) พบว่า gomphrerin I รงควัตถุสีแดงเป็นรงควัตถุหลัก ในผลผักปลังสด 100 กรัมพบ gomphrerin I ถึง 3.6 กรัม โดยรงควัตถุนี้จะเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการสุกของผล นอกจากนี้ยังพบรงควัตถุสีแดงอื่นๆ ได้แก่ betanidin-dihexose และ isobetanidin-dihexose จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของ gomphrerin I ที่ความเข้มข้น 180, 23, 45 และ 181 ไมโครโมลาร์ พบว่ามีค่าต้านอนุมูลอิสระสมมูลของโทรลอคซ์ขนาด 534 ไมโครโมลาร์, butylatedhydroxytoluene (BHT) 103 ไมโครโมลาร์, ascorbic acid 129 ไมโครโมลาร์และ BHT 68 ไมโครโมลาร์ตามลำดับแสดงให้เห็นว่า gomphrerin I รงควัตถุสีแดงที่พบในผลผักปลังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระและต้านการอักเสบที่มีศักยภาพและสามารถนำผลผักปลังไปพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางโภชนาการได้

การศึกษาในปี 1996 Terahara และคณะได้พบโครงสร้างรงควัตถุแอนโทไซยานินใหม่ของดอกอัญชันแห้ง (*Clitoria ternatea*) 5 ชนิดคือ Ternatins A3, B4, B3, B2, และ D2 และต่อมาในปี 1998

Terahara และคณะยังได้ค้นพบโครงสร้างรงควัตถุแอนโทไซยานินในดอกอัญชันสด (*Clitoria ternatea*) อีก 5 ชนิดคือ Ternatins C1-C5 และ D3 กับ Preternatins A3 และ C4 จากการศึกษาการสลายตัวของ ความร้อนของรงควัตถุแอนโทไซยานินในสีน้ำเงินของดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea*) พบว่าอัญชัน สลายตัวที่อุณหภูมิ 70, 100 และ 160 องศาเซลเซียสและถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสพบว่าค่า การสลายตัวอยู่ที่ 85% เมื่อเก็บไว้เวลา 30 วัน [42, 43, 44]

จากการศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผลไม้ท้องถิ่นไทย ซึ่งพบว่าพื้งกาสามีปริมาณฟีนอลิกรวม เท่ากับ 1,270 ไมโครกรัมสมมูลกรดแกลลิกต่อมิลลิกรัม (น้ำหนักแห้ง) และได้ค่าEC<sub>50</sub> เท่ากับ 739.38 ไมโครกรัมของการสกัดต่อมิลลิกรัม DPPH และ 4.72 มิลลิโมลต่อลิตร ในการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี DPPH และวิธี FRAP และในปี [45]

อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังสนใจศึกษารงควัตถุสีเหลือง และสีแดง เช่น ดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.) ดอกทองกวาว (*Butea monosperma*) และฝาง (*Caesalpinia sappan*) ตามลำดับ [46] ซึ่งมีรายงานการวิจัยเกี่ยวกับองค์ประกอบทางเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพดังนี้

โสน (*Sesbania javanica* Miq.) เป็นพืชชนิดหนึ่งในวงศ์ถั่ว Leguminosae Papilionoideae ดอกโสนมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยา คือเป็นสมุนไพรที่มีความหลากหลาย ใช้ในการลดการอักเสบที่เกิดจาก อาการแผลงกัตุอ่ย รักษาฝีในลำไส้ และบรรเทาอาการไข้ [47] จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของดอกและใบโสน (*Sesbania javanica* Miq.) สามารถแยกสารประกอบ ได้ทั้งหมด 5 สาร คือ  $\beta$ -sitosterol, prunetin, genistein, 4-hydroxycinnamic acid, และ sitosterol-3-O- $\beta$ -D-glucopyranoside การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่าสารที่แสดงฤทธิ์ต้าน อนุมูลอิสระคือ genistein, prunetin และ 4-hydroxycinnamic acid และเมื่อทำการศึกษาฤทธิ์ทาง ชีวภาพ โดยการทดสอบฤทธิ์ในการต้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยนำสารสกัดหยาบของดอกโสนและใบมาทดสอบ ผลการทดสอบพบว่า มีเพียงสารสกัดของใบโสน ที่แสดงฤทธิ์ต้านเชื้อแบคทีเรียชนิด *Staphylococcus aureus* และ methicilin-resistant *S. aureus* [48]

ทองกวาว (*Butea monosperma* (Lam.) Taub) เป็นพืชในวงศ์ Fabaceae ดอกทองกวาวมี คุณสมบัติทางเภสัชวิทยาและทางชีวภาพคือ ใช้แก้ถอนพิษไข้ ขับปัสสาวะ หยอดตาแก้ตาแดง และยังมีฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระ (anti-cancer activity) ลดการอักเสบ (anti-inflammatory) และอาการตับอักเสบ (hepatoprotective) [49] จากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของดอกทองกวาว (*Butea monosperma*) สามารถแยกสารประกอบได้ทั้งหมด 12 ตัวดังนี้คือ dihydrochalcone, dihydromono- spermoside, butein, monospermoside, isoliquiritigenin, 7, 3', 4' trihydroxyflavone, (-)-butin, (-)-butrin, (+)-isomonospermoside และ (-)-liquiritigenin, formononetin, afrormosin และ formononetin-7-O- $\beta$ -D-glucopyranoside [50] ในศึกษาการออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ butrin และ butin พบว่าสารประกอบ butin มีค่าเปอร์เซ็นต์การออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระมากกว่า butrin คือ 14.5 เท่า [51]

ฝาง (*Caselpinia sappan* Linn) เป็นพืชชนิดหนึ่งในวงศ์ Caesalpinaceae ในส่วนของแก่นจะให้สีแดง ฝางมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาและชีวภาพ คือ ลดการอักเสบ [52] ต้านเชื้อแบคทีเรีย และออกฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ [53] จากการศึกษาฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ ของฝางที่สกัดด้วยเอทานอล น้ำ และปิโตรเลียมอีเทอร์ ไปทดสอบฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ พบว่าฝางที่สกัดด้วยเอทานอลนั้นแสดงผลการออกฤทธิ์การต้านเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่าตัวอื่น โดยมีการแสดงโซนในการยับยั้งเชื้อจุลินทรีย์ *Pseudomonas aerogenosa* เท่ากับ  $34.0 \pm 2.7$  mm [54]

ในการทดสอบเพิ่มความคงทนการเก็บรักษาสี โดยสารที่สนใจนำมาศึกษาคือโคโตซาน ซึ่งมีรายงานที่เกี่ยวข้องคือ การศึกษาอายุการเก็บและผลของความเข้มข้นของโคโตซานที่มีต่อเต้าหู้นมสด พบว่า เต้าหู้นมสดที่วางจำหน่ายในท้องตลาด มีอายุการเก็บ 10 วัน ที่อุณหภูมิ  $4 \pm 1$  องศาเซลเซียสเพื่อยืดอายุการเก็บเต้าหู้นมสดให้นานขึ้นด้วยสารละลายโคโตซาน โดยเติมสารละลายโคโตซานเข้มข้น 2% ลงในส่วนผสมเต้าหู้นมสดปรับให้ความเข้มข้นของโคโตซานในส่วนผสมเป็น 0 0.03 0.05 และ 0.07% พบว่า เมื่อเติมโคโตซานสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และรา โคลิฟอร์ม *S. aureus* และ *E. Coli* ได้ แต่ไม่มีผลต่อคุณภาพทางประสาทสัมผัสด้านสี กลิ่น รสชาติ และการยอมรับโดยรวมของเต้าหู้นมสดความเข้มข้นที่เหมาะสมของโคโตซานในการยืดอายุเต้าหู้นมสด คือ 0.05% สามารถเก็บได้อย่างน้อย 14 วัน เมื่อเก็บที่อุณหภูมิ  $4 \pm 1$  องศาเซลเซียส จากนั้นศึกษาอายุการเก็บเต้าหู้นมสดโดยใช้สภาวะเร่งที่อุณหภูมิ  $25 \pm 1$  และ  $35 \pm 1$  องศาเซลเซียส โดยการคำนวณโดยใช้ปฏิกิริยาทางจลนพลศาสตร์ พบว่า ค่าพารามิเตอร์ระยะเวลาการเก็บได้ 3.69 และ 2.75 วัน ตามลำดับ [55]

### บทที่ 3

#### วิธีดำเนินงานวิจัย

#### วัตถุดิบ, สารเคมี และอุปกรณ์

##### วัตถุดิบ

1. อัญชัน (*Clitoria ternatea* L.)
2. ผักปลัง (*Basella alba* L.)
3. หม่อน (*Morus alba* L.)
4. พิลังกาสา (*Ardisia elliptica* Thumb.)
5. ดอกโสน (*Sesbania javanica* Miq.)
6. ดอกทองกวาว (*Butea monosperma*)
7. เฟื่องฟ้า (*Bougainvillea hybrida*)
8. ฝาง (*Caesalpinia sappan*)

ที่เก็บได้ในบริเวณเชียงใหม่

##### สารเคมี

1. 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl 85% บริษัท Fluka ประเทศ เยอรมัน
2. 2, 2'-azion-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) 85% ( $C_{18}H_{18}N_4O_6S_4$ ) บริษัท Fluka ประเทศ เยอรมัน
3. สารมาตรฐานกรดแกลลิก 98% บริษัท Fluka ประเทศ เยอรมัน
4. สารมาตรฐานวิตามินอี เกรดสำหรับการวิเคราะห์ บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
5. โซเดียมคาร์บอเนต 99.5% ( $Na_2CO_3$ )บริษัท Carlo Erba ประเทศอิตาลี
6. เมทานอล ( $CH_3OH$ ) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ บริษัท QREC ประเทศนิวซีแลนด์
7. เอทานอล 95% ( $C_2H_5OH$ ) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ บริษัท EMSURE ประเทศเยอรมัน
8. เอทานอล 95% ( $C_2H_5OH$ ) เกรดอุตสาหกรรม บริษัท ACI Labscan ประเทศไทย
9. Folin-ciocalteu's reagent บริษัท Sigma ประเทศ สหรัฐอเมริกา
10. โพแทสเซียม คลอไรด์ (KCl) บริษัท CARLO ERBA ประเทศอิตาลี
11. โพแทสเซียมไฮโดรเจนพทาเลท ( $C_8H_5KO_4$ ) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ บริษัท Guangdong ประเทศจีน
12. โพแทสเซียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟต 99.9 % ( $KH_2PO_4$ ) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ บริษัท Fisher ประเทศไทย
13. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) 37% เกรดสำหรับการวิเคราะห์ บริษัท RCI Labscan ประเทศไทย

14. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) บริษัท Labscan ประเทศไอซ์แลนด์
15. โซเดียม เตตราโบเรต เดคาไฮเดรท หรือ โบเร็กซ์ ( $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$ ) เกรดสำหรับการวิเคราะห์ บริษัท Riedel - De Haen ประเทศเยอรมัน
16. น้ำกลั่น

### อุปกรณ์และเครื่องมือ

1. อ่างควบคุมอุณหภูมิ ยี่ห้อ MEMMERT รุ่น WNB 7 ประเทศเยอรมัน
2. ตู้ดูดความชื้น บริษัท WEIFO ประเทศอังกฤษ
3. เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ AB 304-S บริษัท Metter Toledo ประเทศไทย
4. เครื่องปั่นไฟฟ้า บริษัท Philips ประเทศเนเธอร์แลนด์
5. เครื่องระเหยภายใต้สุญญากาศ บริษัท BUCHI ประเทศสวิตเซอร์แลนด์
6. ไมโครปิเปตขนาด 10-100 และ 100-1000  $\mu\text{L}$  บริษัท thermo scientific ประเทศสหรัฐอเมริกา
7. ปิเปตขนาด 1, 5 และ 10 ml บริษัท HBG ประเทศจีน
8. ขวดวัดปริมาตร ขนาด 10 , 50 , 100 , 500, 1000 mL บริษัท ISOLAB ประเทศฟิลิปปินส์
9. ปีกเกอร์ 25, 50, 100, 250, 400 mL บริษัท PYREX ประเทศสหรัฐอเมริกา
10. หลอดทดลองขนาดกลาง
11. ตะแกรงใส่หลอดทดลอง
12. เทอร์โมมิเตอร์ บริษัท kehong ประเทศจีน
13. กระดาษกรอง เบอร์ 1 บริษัท Whatman ประเทศจีน
14. อลูมิเนียมฟอยด์
15. ขวดสีน้ำตาล
16. ขวดแก้วที่มีฝาปิดขนาดเล็ก
17. แท่งแก้วคนสาร
18. กระบอกตวง บริษัท DURAN ประเทศสหรัฐอเมริกา
19. ช้อนตักสาร
20. กรวยกรอง
21. มีดขนาดเล็ก
22. ผ้าขาวบาง
23. ขวดโหลสำหรับแช่สาร

### อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพ

1. เครื่องวัดค่าสีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis spectrophotometer) รุ่น UV/Vis lambda 25 บริษัท Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องวัดค่าสี (spectrophotometer) ยี่ห้อ KONICA MINOLTA รุ่น CR-400 ประเทศญี่ปุ่น

### อุปกรณ์วิเคราะห์คุณภาพทางเคมี

1. เครื่องวัดค่าความเป็นกรด – ด่าง ยี่ห้อ TOA รุ่น HM – 16S ประเทศญี่ปุ่น

### วิธีการศึกษา

#### วิธีการสกัดตัวอย่างพืช

1. ล้างตัวอย่างพืชทั้ง 8 ชนิดให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปบดหรือปั่นให้ละเอียด ชั่ง 500.00 กรัม แล้วใส่ในขวดโหล
2. นำมาสกัดด้วยเอทานอล 95% โดยเติมลงในขวดโหลที่ใส่ตัวอย่างพืช ใส่ให้ท่วมตัวอย่างพืช สกัด 3 ครั้ง ครั้งละ 3 วัน
3. เมื่อสกัดครบ 3 วัน กรองเอากากพืชสกัดออกด้วยผ้าขาวบางนำกากที่กรองได้ไปสกัดต่อ เมื่อได้ส่วนของพืชที่สกัดได้ นำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์หนึ่งอีกครั้ง จากนั้นนำส่วนที่เป็นสารละลายไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยด้วยระบบสูญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) จนแห้ง ก็จะได้เป็นสารสกัดหยาบ
4. นำสารสกัดหยาบใส่ขวดที่ชั่งน้ำหนักเรียบร้อยแล้ว

### วิธีการหาปริมาณผลรวมสารประกอบฟีนอลิกโดยใช้ Folin-cioalciu's reagent

#### ก. การสร้างกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐาน Gallic

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก เข้มข้น 1000 มิลลิกรัมต่อลิตร (Stock solution) ชั่งแกลลิก 0.1000 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายมาตรฐานแกลลิก เข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลาย Folin-cioalciu's reagent 10% (v/v) ปิเปต 5 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 50 มิลลิลิตร
3. เตรียมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ชั่งโซเดียมคาร์บอเนต 0.1000 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 100 มิลลิลิตร

4. ปิเปตสารมาตรฐานกรดแกลลิก ที่ความเข้มข้นในหลอดทดลอง หลอดละ 1 มิลลิลิตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ
5. เติมสารละลาย Folin-ciocalteu's reagent 1.00 มิลลิลิตร เขย่าแล้วทิ้งไว้ 10 นาที จากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตในหลอดทดลอง หลอดละ 400 ไมโครลิตร แล้วนำอุ่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ในอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 30 นาที
6. วัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ( $A_{765}$ )
7. สร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ยและความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกที่ความเข้มข้นต่างๆ

#### ข. การทดสอบสารสกัดในตัวอย่าง

ปิเปตสารตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ มาทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (ก) โดยเปลี่ยนจากสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกเป็นสารตัวอย่าง รายงานเป็นความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% หรือ  $IC_{50}$

#### การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH

ก. การหาความเข้มข้นที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระดีพีพีเอชได้ร้อยละ 50 ของปริมาณอนุมูลอิสระ ( $IC_{50}$ ) ของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

1. เตรียมสารละลาย DPPH เข้มข้น  $6.5 \times 10^{-5}$  M  
ชั่ง DPPH มา 0.0151 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยเมทานอลในขวดวัดปริมาตร 500 มิลลิลิตร
2. เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี เข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร (Stock solution)  
ชั่งวิตามินอี 0.1000 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยเมทานอลในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายวิตามินอี ความเข้มข้น 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเมทานอลในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร
3. นำสารละลาย DPPH ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง หลอดละ 3 มิลลิลิตร จำนวน 3 หลอด
4. ใส่สารละลายวิตามินอี หลอดละ 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 30 นาทีในที่มืดและอุณหภูมิห้อง

5. วัดค่าดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร ( $A_{515}$ ) โดยใช้เมทานอลเป็น reagent blank ซึ่งเป็นชุดควบคุม
6. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH (%DPPH radical scavenging activity) จากค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยของวิตามินอี ( $A_{\text{sample}}$ ) โดยเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม ( $A_{\text{control}}$ )

$$\% \text{DPPH radical scavenging activity} = \left[ \frac{\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{control}}} \right] \times 100$$

ข. การทดสอบสารสกัดในตัวอย่าง

ปีเปตสารตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆ มาทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (ก) โดยเปลี่ยนจากสารละลายมาตรฐานวิตามินอีเป็นสารตัวอย่าง รายงานเป็นความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% หรือ  $IC_{50}$

### การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ABTS

ก. เตรียมสารละลาย ABTS<sup>+</sup>

1. ABTS (2,2-azion-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulphonic acid) เป็นอนุมูลโดยการทำปฏิกิริยาระหว่าง ABTS ความเข้มข้น 7 mM และ potassium persulfate ( $K_2O_8S_2$ ) ความเข้มข้น 2.45 mM โดยชั่ง ABTS 0.0376 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 10.0 มิลลิลิตร และชั่ง potassium persulfate ( $K_2O_8S_2$ ) 0.0166 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่นในขวดวัดปริมาตร 25.0 มิลลิลิตร
2. ทำปฏิกิริยาระหว่าง ABTS (7 mM) 8.0 มิลลิลิตร และ potassium persulfate ( $K_2O_8S_2$ ) ความเข้มข้น 2.45 mM ปริมาตร 12 มิลลิลิตร จากนั้นเก็บไว้ในที่มืดและที่อุณหภูมิเย็นเป็นเวลา 16-18 ชั่วโมง
3. ก่อนใช้นำสารละลาย ABTS<sup>+</sup> มาเจือจางด้วยสารละลายเอทานอลในอัตราส่วน (1:20 v/v) และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตรก่อนทดสอบทุกครั้ง

ข. การหาความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระเอปทีเอสได้ร้อยละ 50 ของปริมาณอนุมูลอิสระทั้งหมด ( $IC_{50}$ )

1. เตรียมสารละลายมาตรฐานวิตามินอี เข้มข้น 1000 มิลลิกรัม/ลิตร (Stock solution) ชั่งวิตามินอี 0.1000 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยเมทานอลในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร เตรียมสารละลายวิตามินอี ความเข้มข้น 30,

40, 50, 60, 70, 80, 90, และ 100 มิลลิกรัม/ลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยเมทานอลในขวดวัดปริมาตรขนาด 10 มิลลิลิตร

2. นำสารละลาย ABTS<sup>+</sup> ใส่ลงในหลอดทดลองขนาดกลาง หลอดละ 3 มิลลิลิตร จำนวน 3 หลอด
3. ใส่สารละลายมาตรฐานวิตามินอี หลอดละ 300 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน ทิ้งไว้ 6 นาทีในที่มืดและอุณหภูมิห้อง
4. วัดค่าดูดกลืนแสงโดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร (A<sub>734</sub>) โดยใช้เอทานอลเป็นสารละลายแบลนด์ (reagent blank) ซึ่งเป็นชุดควบคุม
5. คำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS (% ABTS radical scavenging activity) จากค่าดูดกลืนแสงเฉลี่ยของตัวอย่าง (A<sub>sample</sub>) โดยเทียบกับค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม (A<sub>control</sub>)

$$\% \text{ ABTS radical scavenging activity} = \left[ \frac{\text{Abs}_{\text{control}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{control}}} \right] \times 100$$

#### ค. การทดสอบสารสกัดในตัวอย่าง

ปิเปตสารตัวอย่างที่ความเข้มข้นต่างๆมาทำการทดลองเช่นเดียวกับข้อ (ก-ข) โดยเปลี่ยนจากการเติมวิตามินอีเป็นสารตัวอย่างที่มีความเข้มข้นต่างๆ รายงานในเทอมของความเข้มข้นของสารสกัดตัวอย่างที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% หรือ IC<sub>50</sub>

#### การทดสอบแอนโทไซยานินรวม

ศึกษาแอนโทไซยานินรวมของพืชตัวอย่างโดยใช้วิธีการของ pH-differential method (Giusti and Wrolstad, 2001) โดยเตรียมสารสกัดพืชตัวอย่างให้มี pH 1 และ pH 4.5 โดยเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH 1 (potassium chloride 25 ml (0.2 M) ผสมกับ hydrochloric acid 67 ml (0.2 M) และเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml) และที่ pH 4.5 (potassium hydrogen phthalate 50 ml (0.1 M) ผสมกับ Sodium hydroxide 8.7 ml (0.1 N) และเจือจางด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 100 ml) และชั่งสารสกัดพืชตัวอย่างมาละลายในน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1:10 จากนั้นนำสารละลายบัฟเฟอร์มาผสมสารละลายของสารสกัดพืชตัวอย่างโดยผสมสารละลายของสารสกัดพืชตัวอย่าง 0.4 มิลลิลิตร กับสารละลายบัฟเฟอร์ 3.6 มิลลิลิตร จากนั้นตั้งทิ้งไว้ให้เกิดสมดุลที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที และนำตัวอย่างที่ตั้งทิ้งไว้ไปสแกนหาความยาวคลื่นสูงสุดของสารละลายตัวอย่างแต่ละตัว และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสารละลายตัวอย่างของแต่ละตัว และที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตรโดยสารเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ รุ่น UV/Vis lambda 25 บริษัท Perkin Elmer ประเทศสหรัฐอเมริกา จากนั้นนำมาคำนวณหาแอนโทไซยานินรวมจากสูตร

$$\text{Total anthocyanins (mg/L)} = A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1000 / (\epsilon \times l)$$

$$\text{โดยที่ } A = (A_{\lambda_{\text{max}}} - A_{700})_{\text{pH}1.0} - (A_{\lambda_{\text{max}}} - A_{700})_{\text{pH}4.5}$$

MW = molecular weight เท่ากับ 449.2 g/mol cyaniding-3-glucoside

DF = dilution factor

$$l = 1$$

$$\epsilon = 26,900 \text{ molar}$$

### ศึกษาความคงตัวของสี

#### 1. การศึกษาความเป็นกรด-ด่าง (pH) ที่เหมาะสมในการเก็บรักษา

การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่าง นำสารสกัดจากพืชตัวอย่างที่สนใจมาปรับความเป็นกรด-ด่าง ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 และ 10 ตามลำดับ (ตาราง 3.1) โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารสกัดและสารละลายบัฟเฟอร์ในแต่ละความเป็นกรด-ด่าง เป็น 1:100(v/v) นำไปวัดค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $c^*$  และ  $h^\circ$  ด้วยเครื่องวัดสีสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ จากนั้นเก็บไว้ในที่มืดเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ แล้วนำมาวัดค่าสีทุกๆ 1 สัปดาห์จนครบ 4 สัปดาห์ และคำนวณค่าผลต่างของค่าสี (Total color change =  $\Delta E$ )

$$\Delta E = [(L^*_0 - L^*)^2 + (C^*_0 - C^*)^2 + (h^\circ_0 - h^\circ)^2]^{1/2}$$

จากค่า ความสว่าง ( $L^*_0$ ), ความเข้ม ( $C^*_0$ ), เหนดสี ( $h^\circ_0$ ) เริ่มต้น และ  $L^*$ ,  $C^*$  และ  $h^\circ$  ของสัปดาห์ 1-4

ตาราง 3.1 สูตรเตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ซึ่งเมื่อเตรียมเสร็จแล้วต้องเจือจางสารละลายครบ 100 มิลลิลิตร

pH 25°C	ml 0.2 M KCl	ml 0.1 M potassium hydrogen phthalate	M	ml 0.1 M potassium dihydrogen phthalate	M	ml 0.2 M HCl	ml 0.1 M HCl	M	ml 0.1 M NaOH	M	ml 0.025 M borax
1	25	-	-	-	-	67	-	-	-	-	-
2	25	-	-	-	-	6.5	-	-	-	-	-
3	-	50	-	-	-	-	22.3	-	-	-	-
4	-	50	-	-	-	-	0.1	-	-	-	-
5	-	50	-	-	-	-	-	22.6	-	-	-
6	-	50	-	-	-	-	-	5.6	-	-	-
7	-	50	-	-	-	-	-	29.1	-	-	-
8	-	-	50	50	-	-	-	46.1	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	4.6	-	-	50	-
10	-	-	-	-	-	-	-	18.3	50	-	-

### การศึกษาระดับอุณหภูมิและระยะเวลาที่มีผลต่อสารสกัดสี

ศึกษาผลของอุณหภูมิต่อค่าสี 2 ปัจจัย คืออุณหภูมิ และระยะเวลา โดยจัดแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments) 3\*4 ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้ ระดับอุณหภูมิร้อน 3 ระดับ ได้แก่ 45, พาสเจอร์ไรซ์ (pasteurization) ที่อุณหภูมิ 70 และ สเตอริไรซ์ (sterilization) ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส และระดับอุณหภูมิในการเก็บรักษา 3 ระดับ ได้แก่ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส, 10 (อุณหภูมิเย็น) และ -4 (อุณหภูมิแช่แข็ง) องศาเซลเซียสโดยเลือกตัวอย่างสารสกัดสีที่มีค่าความเป็นกรดต่างที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก ซึ่งในการศึกษาในระดับอุณหภูมิร้อนจะใช้ อ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (waterbath) ระยะเวลา 4 ระดับ ได้แก่ 30, 60, 90 และ 120 นาที ส่วนที่ระดับอุณหภูมิในการเก็บรักษาจะใช้ตู้ควบคุมความเย็น ระยะเวลา 4 ระดับ ได้แก่ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ แล้วนำไปวัดค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  ด้วยเครื่องวัดค่าสีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Hunter and Harold, 1987)

### การศึกษาอิทธิพลของแสงต่อสารสกัด

ศึกษาผลของอิทธิพลของแสงต่อตัวอย่างสารสกัดแอนโทไซยานินจากพืชสกัด 2 ปัจจัย คือแสง และระยะเวลา โดยจัดแผนการทดลองแบบแฟคทอเรียล (Factorial Experiments)  $2 \times 4$  ในแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ ดังนี้ คือที่มีแสงและที่ไม่มีแสง ที่อุณหภูมิห้อง (31 องศาเซลเซียส) โดยเลือกตัวอย่างสารสกัดสีที่มีค่าความเป็นกรดต่างที่ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก ระยะเวลา 4 ระดับ ได้แก่ 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์ แล้วนำไปวัดค่าสี  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ,  $C^*$  และ  $h$  ด้วยเครื่องวัดค่าสีสเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Hunter and Harold, 1987)

### การทดสอบการยอมรับของผู้ใช้ผงสีจากพืชธรรมชาติในการนำไปใช้ผลิตภัณฑ์อาหาร

ทดสอบการยอมรับผลิตภัณฑ์สีในการแต่งสีวุ้น โดยวิธีใช้แบบสอบถาม กับผู้บริโภคเป้าหมายซึ่งเป็นผู้บริโภคเพื่อทดสอบการยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการเติมสีที่ได้จากการสกัดจากพืชธรรมชาติ

### ศึกษาผลของไคโตซานในการใช้เป็นสารที่ให้ความคงทนในสีผสมอาหารจากธรรมชาติ

เตรียมสารละลายไคโตซานเข้มข้น 2% โดยละลายละลายไคโตซานในน้ำส้มสายชูเข้มข้น 1% ปรับ pH เป็น 6.3 จากนั้นนำสารละลายไคโตซานที่ได้มาเติมในตัวอย่าง มีความเข้มข้นของไคโตซานเป็น 0 0.03 0.05 และ 0.07% แล้วนำตัวอย่างที่เตรียมได้ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 7 วัน สักเกตการเปลี่ยนแปลงด้านสีและรา

### สถานที่ และระยะเวลาทำการวิจัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ และ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เริ่มตั้งแต่ เดือนมีนาคม 2555 ถึง เดือนกรกฎาคม 2556

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

#### การสกัดพืชตัวอย่าง

จากการนำพืชตัวอย่าง 8 ชนิด ได้แก่ ดอกอัญชัน ผลผักปลัง ผลพื้ลังกาสา ผลหม่อน แก่นฝาง ดอกเฟื่องฟ้า ดอกทองกวาว และดอกโสน มาทำการสกัดด้วยตัวทำละลาย คือ น้ำ และเอทานอล ( $C_2H_5OH$ ) แล้วนำมาระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยด้วยระบบสุญญากาศแบบหมุน (rotary evaporator) จนแห้งได้เป็นสารสกัดหยาบ ซึ่งแสดงผลดังตาราง 4.1

ตาราง 4.1 แสดงค่าร้อยละการสกัดของพืชทั้ง 8 ชนิด

ตัวอย่าง	ตัวทำละลาย	สีที่ได้	%การสกัด
ดอกอัญชัน	น้ำ	น้ำเงิน	23.00
ผลผักปลัง	เอทานอล	แดง	1.81
ผลพื้ลังกาสา	เอทานอล	น้ำตาล	5.74
ผลหม่อน	เอทานอล	แดง	8.19
แก่นฝาง	เอทานอล	น้ำตาล	2.30
ดอกเฟื่องฟ้า	เอทานอล	ชมพูแดง	3.85
ดอกทองกวาว	เอทานอล	เหลือง	7.18
ดอกโสน	เอทานอล	เหลือง	3.93

จากการสกัดพืชตัวอย่างพบว่า พืชที่ให้สีน้ำเงินได้แก่ ดอกอัญชัน สีแดงได้แก่ ผลผักปลัง, ผลหม่อน และดอกเฟื่องฟ้า สีน้ำตาลได้แก่ ผลพื้ลังกาสา และแก่นฝาง และสีเหลืองได้แก่ดอกทองกวาว และดอกโสน ซึ่งสารสกัดที่ได้สามารถละลายน้ำได้ ยกเว้นสารสกัดจากผลพื้ลังกาสาและแก่นฝางจะต้องละลายด้วยตัวทำละลายเอทานอล ( $C_2H_5OH$ ) ก่อน ในส่วนของสารสกัดจากแก่นฝางจะให้สีที่แตกต่างกันในการละลายด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล ซึ่งจะพบว่าเมื่อเจือจางด้วยน้ำมากๆจะให้สีส้มแดง

#### การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชแต่ละชนิด

##### การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-ciocalteu's reagent [56]

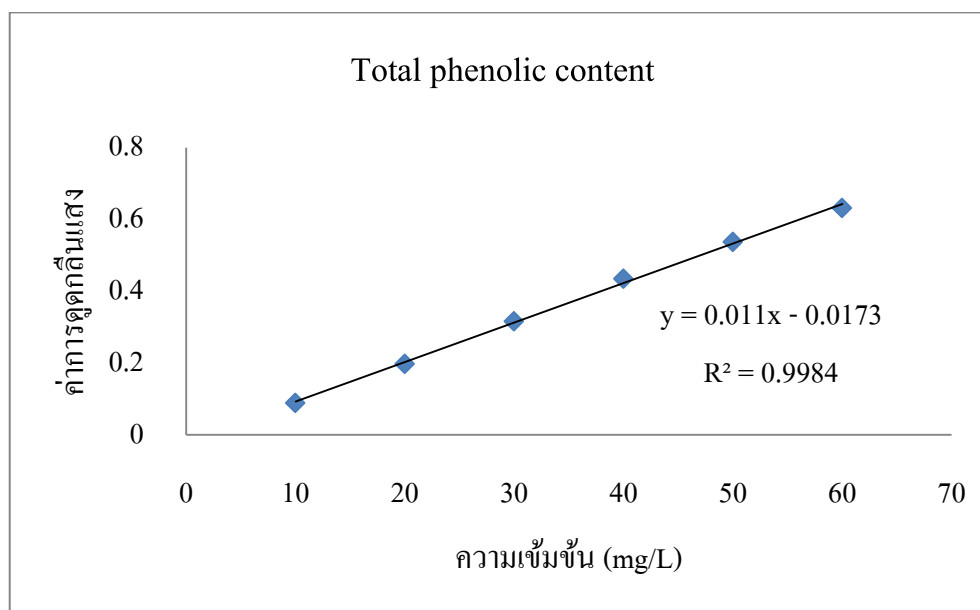
ศึกษาการหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม โดยอาศัยปฏิกิริยาออกซิเดชันของสารประกอบ ฟีนอลิก และสาร Folin-ciocalteu ในสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนสีเขียวแกมน้ำเงิน

## 1) การสร้างกราฟมาตรฐาน

สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 10, 20, 30, 40, 50 และ 60 มิลลิกรัมต่อลิตร ทำปฏิกิริยากับสารละลาย Folin-ciocalteu's reagent แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ได้ผลการทดลองแสดงดังตาราง 4.2 และภาพ 4.1

ตาราง 4.2 แสดงค่าการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้นต่างๆของสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก

ความเข้มข้น (mg/L)	ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร
10	0.0919±0.002
20	0.1991±0.002
30	0.3187±0.003
40	0.4375±0.003
50	0.5334±0.005
60	0.6378±0.010



ภาพ 4.1 กราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก

## 2) การหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดจากพืช

ศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของสารสกัดตัวอย่าง ทำโดยนำค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัดตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (ภาพ 4.1) และรายงานในภาพของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเทียบเท่าปริมาณกรดแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้งของสารสกัดหยาบ ซึ่งแสดงผลดังตาราง 4.3

ตาราง 4.3 ปริมาณฟีนอลิกรวมในสารสกัดหยาบจากพืชธรรมชาติ

สารสกัดตัวอย่าง	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม	
	(mg GAE/g DW)	
ดอกอัญชัน	9.08±0.19	
ผลผักปลัง	33.54±0.65	
ผลพื้งกาสา	44.77±0.41	
ผลหม่อน	12.55±0.41	
แก่นฝาง	178.71±0.36	
ดอกเฟื่องฟ้า	22.25±0.01	
ดอกทองกวาว	4.77±0.03	
ดอกโสน	1.49±0.03	
สารผสมดอกอัญชันกับผลผักปลัง (1:1)*	21.80±0.46	
สารผสมดอกอัญชันกับดอกทองกวาว (1:1)	11.17±0.33	
สารผสมผลผักปลังกับดอกทองกวาว (1:1)	25.27±0.48	

หมายเหตุ \* อัตราส่วน

### 4.3.2 การศึกษาสมบัติการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

#### 1) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH [57]

การวัดความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ทำโดยการวัดสีม่วงที่จางหายไปจากปฏิกิริยาระหว่าง 2, 2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl กับสารละลายมาตรฐานวิตามินอีหรือสารสกัดหยาบในสารละลายเมทานอลที่มีความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งแสดงผลดังตาราง 4.4 – 4.15 แล้วนำมาหาค่า  $IC_{50}$  โดยพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี ได้ผลแสดงดังภาพ 4.2 ซึ่งสารสกัดของพืชแต่ละชนิดสามารถหาค่า  $IC_{50}$  ได้ในทำนองเดียวกัน ส่วนค่า  $IC_{50}$  ที่คำนวณได้แสดงดังตาราง 4.16

ตาราง 4.4 เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
40	31.43±0.39
50	37.92±0.34
60	45.46±0.63
70	52.43±0.37
80	57.71±0.28
90	64.69±0.04
100	73.01±0.29

ตาราง 4.5 เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดดอกอัญชัน

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
2000	36.68±0.20
2500	43.35±0.51
3000	47.27±0.49
3500	52.89±0.18
4000	57.80±0.24
4500	64.04±0.10

ตาราง 4.6 เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดผลผักปลัง

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
300	29.73±1.07
400	38.14±1.23
500	47.20±0.16
600	55.06±0.63
700	60.88±0.21
800	69.09±0.30

ตาราง 4.7 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดผลพื้งกาสา

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
80	26.02±0.78
100	36.54±0.63
120	44.38±0.46
140	54.17±0.06
160	63.85±0.33
180	76.53±0.28

ตาราง 4.8 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดผลหม่อน

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
400	29.42±0.11
600	33.65±0.20
800	40.99±0.15
1000	49.57±0.04
1200	56.18±0.89
1400	60.25±0.66
1600	67.04±0.35

ตาราง 4.9 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดแก่นฝาง

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
20	25.62±0.21
30	34.79±0.24
40	44.28±0.44
50	54.61±0.18
60	65.91±0.34
70	75.75±0.16
80	83.82±0.42

ตาราง 4.10 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดดอกเฟื่องฟ้า

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
80	30.36±3.06
100	32.35±1.07
200	48.91±2.73
300	65.88±1.82
400	80.27±0.59
500	93.51±2.08
700	96.95±1.35

ตาราง 4.11 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดดอกทองกวาว

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
100	26.31±1.26
200	36.24±0.79
400	52.17±0.24
600	64.55±0.89
800	77.44±1.69
1000	88.91±0.39
1200	97.97±0.09

ตาราง 4.12 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารสกัดดอกโสน

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
800	30.61±0.20
1000	38.40±0.62
1200	48.24±0.31
1400	55.25±0.88
1600	65.25±0.32
1800	70.56±0.53
2000	94.30±0.08

ตาราง 4.13 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของการผสมสีระหว่างสารสกัดดอกอัญชันและสารสกัดผลผักปลัง ในอัตราส่วน 1:1

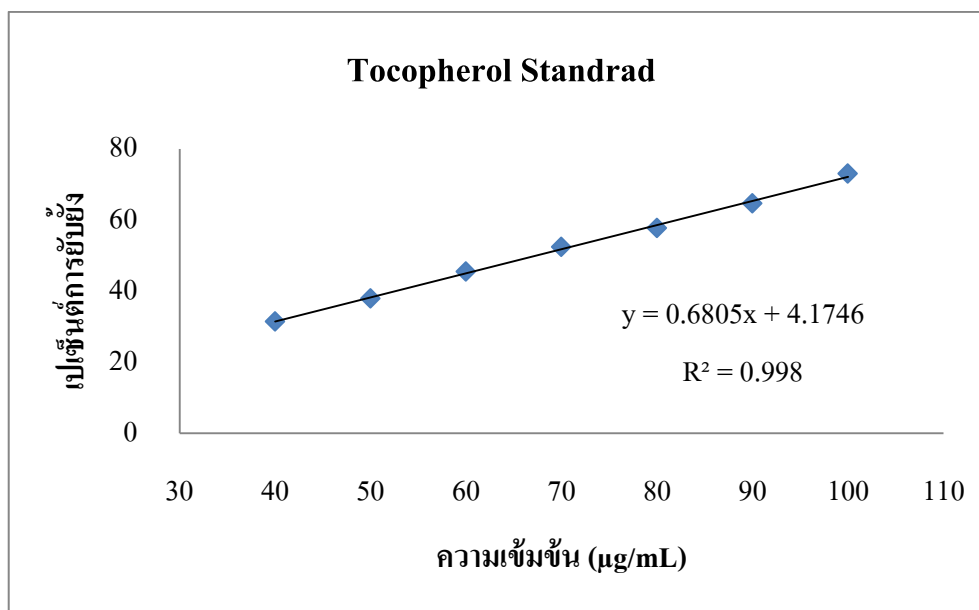
ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
100	35.16±1.97
200	40.15±2.11
400	44.44±2.60
600	48.35±1.44
800	54.12±3.09
1000	57.20±1.55

ตาราง 4.14 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของการผสมสีระหว่างสารสกัดดอกอัญชันและสารสกัดดอกทองกวาว ในอัตราส่วน 1:1

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
100	25.95±1.57
200	33.82±0.40
400	38.04±2.09
600	48.76±3.05
800	54.05±3.62
1000	60.17±3.92

ตาราง 4.15 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของการผสมสีระหว่างสารสกัดผลผักปลังและสารสกัดดอกทองกวาว ในอัตราส่วน 1:1

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH
100	5.12±0.78
200	10.86±1.22
400	18.64±5.37
600	34.15±3.16
800	53.29±3.94
1000	69.57±0.14



ภาพ 4.2 เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

ตาราง 4.16 ค่า IC<sub>50</sub> ของสารละลายมาตรฐานและสารสกัดจากพืชแต่ละชนิด

สารสกัด	IC <sub>50</sub> (mg/L)
วิตามินอี	67.54±0.13
ดอกอัญชัน	3245.05±26.69
ผลผักปลัง	549.57±6.22
ผลพิลังกาสา	129.49±0.28
ผลหม่อน	1061.71±8.29
แก่นฝาง	45.52±0.17
ดอกเฟื่องฟ้า	210.15±0.01
ดอกทองกวาว	413.85±0.01
ดอกโสน	1267.65±7.54
สารผสมดอกอัญชันกับผลผักปลัง (1:1)*	1026.43±44.71
สารผสมดอกอัญชันกับดอกทองกวาว (1:1)	1490.76±71.69
สารผสมผลผักปลังกับดอกทองกวาว (1:1)	729.83±33.76

หมายเหตุ \* อัตราส่วน

## 2) ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS [58]

การวัดความสามารถในการต้านออกซิเดชัน ทำโดยการวัดสีเขียวอมฟ้าที่จางหายไปจากปฏิกิริยาระหว่าง ABTS<sup>•+</sup> กับสารละลายมาตรฐานวิตามินอีหรือสารสกัดหยาบในสารละลายเอทานอล ที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ซึ่งแสดงผลดังตาราง 4.17 – 4.28 แล้วนำมาหาค่า IC<sub>50</sub> โดยพล็อตกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี ซึ่งสารสกัดพืชแต่ละชนิดสามารถหาค่า IC<sub>50</sub> ดังแสดงในตาราง 4.29

ตาราง 4.17 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
20	22.83±1.51
40	42.40±1.29
60	55.03±1.73
80	68.26±1.34
100	88.82±0.86
120	97.84±0.06

ตาราง 4.18 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดดอกอัญชัน

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
1000	33.65±0.66
1500	41.74±0.90
2000	49.89±0.58
2500	58.20±0.41
3000	67.28±0.60
3500	73.02±0.27

ตาราง 4.19 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดผลผักปลัง

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
80	24.89±0.06
140	38.61±0.81
200	52.79±0.17
260	64.96±0.28
320	75.73±0.12
380	86.82±0.27

ตาราง 4.20 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดผลพื้งกาสา

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
60	32.49±0.89
80	37.62±0.32
100	45.82±0.42
120	51.45±0.41
140	56.26±1.45
160	62.88±0.53

ตาราง 4.21 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดผลหม่อน

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
400	35.88±0.38
500	42.69±2.58
600	49.69±1.18
700	52.97±0.14
800	57.19±0.41
900	63.71±0.10

ตาราง 4.22 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดแก่นฝาง

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
20	32.55±0.47
30	40.86±0.37
40	49.47±0.47
50	58.83±0.53
60	69.08±0.55
70	78.01±0.08

ตาราง 4.23 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดดอกเฟื่องฟ้า

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
60	20.90±1.10
80	24.60±1.16
100	35.32±1.59
120	43.31±0.51
140	53.29±0.78
160	63.15±0.90
180	76.07±0.59

ตาราง 4.24 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดดอกทองกวาว

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
80	24.89±0.06
140	38.61±0.81
200	52.79±0.17
260	64.96±0.28
320	75.73±0.12
380	86.82±0.27
440	93.93±0.16

ตาราง 4.25 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของสารสกัดดอกโสน

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
800	41.89±0.56
1000	45.00±0.65
1200	55.48±1.86
1400	61.87±1.91
1600	67.04±3.58
1800	73.99±2.80
2000	81.25±23.71

ตาราง 4.26 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของการผสมสีระหว่างสารสกัดดอกอัญชันและสารสกัดผลผักปลัง ในอัตราส่วน 1:1

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
100	16.94±1.65
200	31.04±4.59
400	47.46±3.95
600	69.57±13.73
800	86.60±7.03
1000	97.79±0.29

ตาราง 4.27 เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของการผสมสีระหว่างสารสกัดดอกอัญชันและสารสกัดดอกทองกวาว ในอัตราส่วน 1:1

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
100	19.70±0.81
200	34.07±4.26
400	56.60±0.07
600	72.05±13.73
800	81.33±7.03
1000	93.42±0.98

ตาราง 4.28 เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS ของการผสมสีระหว่างสารสกัดผลผักปลังและสารสกัดดอกทองกวาว ในอัตราส่วน 1:1

ความเข้มข้น(mg/L)	เปอร์เซนต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ ABTS
60	17.14±3.29
120	31.25±1.23
180	45.71±0.96
240	55.21±1.41
300	63.61±2.01
380	74.60±1.36

ตาราง 4.29 ค่า IC<sub>50</sub> ของสารละลายมาตรฐานและสารสกัดจากพืชแต่ละชนิด

สารสกัด	IC <sub>50</sub> (mg/L)
วิตามินอี	53.31±0.71
ดอกอัญชัน	1977.08±8.17
ผลผักปลัง	195.47±0.82
ผลพื้งกาสา	117.39±1.74
ผลหม่อน	645.78±3.02
แก่นฝาง	18.47±0.17
ดอกเฟื่องฟ้า	129.49±0.28
ดอกทองกวาว	197.44±0.02
ดอกโสน	1440.15±35.29
ดอกอัญชันกับผลผักปลัง	426.16±32.90
ดอกอัญชันกับดอกทองกวาว	397.38±21.70
ผลผักปลังกับดอกทองกวาว	225.02±8.85

ตาราง 4.30 ตารางสรุปค่า IC<sub>50</sub>ของสารสกัดจากพืชแต่ละชนิดด้วยวิธี DPPH และ ABTS

ตัวอย่าง	IC <sub>50</sub> (มิลลิกรัมต่อลิตร)	
	DPPH	ABTS
วิตามินอี	67.54±0.13	53.31±0.71
ดอกอัญชัน	3245.05±26.69	1977.08±8.17
ผลผักปลัง	549.57±6.22	195.47±0.82
ผลพิลังกาสา	129.49±0.28	117.39±1.74
ผลหม่อน	1061.71±8.29	645.78±3.02
แก่นฝาง	45.52±0.17	18.47±0.17
ดอกเฟื่องฟ้า	210.15±0.01	129.49±0.28
ดอกทองกวาว	413.85±0.01	197.44±0.02
ดอกโสน	1267.65±7.54	1440.15±35.29
ดอกอัญชันกับผลผักปลัง	1026.43±44.71	426.16±32.90
ดอกอัญชันกับดอกทองกวาว	1490.76±71.69	397.38±21.70
ผลผักปลังกับดอกทองกวาว	729.83±33.76	225.02±8.85

จากการสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH, ABTS และความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานวิตามินอี ดังแสดงในภาพ 4.2 สามารถหาค่า IC<sub>50</sub> ได้โดยใช้สมการเส้นตรง จากผลการศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS ของสารสกัดตัวอย่างพืชทั้ง 8 ชนิด (ตาราง 4.30) พบว่าแก่นฝางมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS สูงสุด ซึ่งมีค่า IC<sub>50</sub> เท่ากับ 45.52 และ 18.17 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ รองลงมาคือพิลังกาสามีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS เท่ากับ 129.49 และ 117.39 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ ในทำนองเดียวกันเมื่อศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ก็พบว่าแก่นฝางก็มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุดเช่นกัน ซึ่งมีค่า 178.71 มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และเมื่อเปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินอีพบว่าแก่นฝางมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าสารมาตรฐาน แต่ในส่วนของพืชบางชนิดเช่น อัญชัน หม่อน และโสน มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระน้อยมากเมื่อเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินอี จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณสารฟีนอลิกมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยพบว่าถ้ามีปริมาณฟีนอลิกมาก จะพบว่ามีฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูง [59] นอกจากนี้วิธีที่ใช้ในการหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระทั้งสองวิธี คือ DPPH และ ABTS ให้ผลไปในทางเดียวกันแต่ได้ค่า IC<sub>50</sub> แตกต่างกัน อาจเป็นเพราะชนิดของเรดิคัล และกลไกในการทำปฏิกิริยาระหว่างอนุมูลอิสระและสารประกอบในตัวอย่างมีความแตกต่างกัน โดยที่อนุมูล DPPH เป็นการทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้ไฮโดรเจน ซึ่งวิธีนี้มีข้อด้อยคืออนุมูล DPPH มีความคงตัว ไม่ไวต่อการทำปฏิกิริยาเหมือนอนุมูลที่เกิดในเซลล์หรือร่างกาย

ดังนั้นวิธีนี้จึงไม่สามารถแยกแยะจัดอันดับอนุมูลที่มีความไวสูงได้ [60] ต่างจากอนุมูล ABTS เป็นการทดสอบในการกำจัดอนุมูลอิสระโดยวิธีให้อิเล็กตรอน จะทำปฏิกิริยาอย่างรวดเร็วกับสารต้านออกซิเดชัน อนุมูล ABTS สามารถละลายได้ ทั้งในน้ำและตัวทำละลายอินทรีย์ ส่วนข้อด้อยของวิธีนี้คือ ABTS ไม่เป็นสารตามธรรมชาติที่ก่อให้เกิดอนุมูลในเซลล์หรือร่างกาย [61] ส่วนในสารผสมสีระหว่างพืชสามชนิดคือ สารผสมผลผักปลังกับดอกทองกวาวสารผสมดอกอัญชันกับผลผักปลัง และสารผสมดอกอัญชันกับดอกทองกวาว พบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS มีค่าลดลง (ตาราง 4.30)

#### 4.2.3 การหาปริมาณแอนโทไซยานินรวมของสารสกัดจากพืช

ในการศึกษาแอนโทไซยานินรวมของพืชตัวอย่างโดยใช้วิธีการของ pH-differential method [62] โดยเตรียมสารสกัดพืชตัวอย่างให้มี pH 1 และ pH 4.5 นำสารละลายบัฟเฟอร์มาผสมสารละลายของสารสกัดพืชตัวอย่าง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดของสารละลายตัวอย่างของแต่ละตัวและที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร จากนั้นนำมาคำนวณหาแอนโทไซยานินรวม ซึ่งได้ผลดังแสดงในตาราง 4.31

**ตาราง 4.31** ผลการทดสอบปริมาณแอนโทไซยานินรวมของสารสกัดจากพืชทั้ง 4 ชนิด

ตัวอย่าง	แอนโทไซยานินรวม (มิลลิกรัมต่อลิตร)
ผลพื้ล้งกาสา	55.72±3.62
ผลผักปลัง	11.47±0.51
ผลหม่อน	218.78±0.17
ดอกอัญชัน	52.82±0.54

จากการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดของสารสกัดตัวอย่างพืชทั้ง 4 ชนิดเช่น อัญชัน ลูกผักปลัง หม่อน และพื้ล้งกาสา (ตาราง 4.31) พบว่าหม่อนมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด ซึ่งมีปริมาณแอนโทไซยานินรวมเท่ากับ 218.78 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการทดสอบพบว่าปริมาณแอนโทไซยานิน ไม่มีความสัมพันธ์กับฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะแอนโทไซยานินมีโครงสร้างที่หลากหลายและอาจมีโครงสร้างที่ใหญ่และซับซ้อน ซึ่งทำให้มีฤทธิ์หรือกลไกในการทำปฏิกิริยากับสารอนุมูลที่แตกต่างกันออกไป [62]

#### 4.3 การศึกษาความเป็นกรด-ด่าง ที่เหมาะสมในการเก็บรักษา

การทดสอบค่าความเป็นกรด-ด่างที่เหมาะสมของสารสกัดตัวอย่าง โดยนำสารสกัดจากพืชตัวอย่างที่สนใจมาปรับความเป็นกรด-ด่าง ด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง เท่ากับ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0 และ 10.0 ตามลำดับ และคำนวณค่าผลต่างของค่าสี ( $\Delta E^*$ ) ซึ่งให้ผลดังแสดงในตาราง 4.32 – 4.39

ตาราง 4.32 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดดอกอัญชันที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	5.19	6.79	8.21	9.30
2	2.23	3.24	5.42	4.81
3	2.09	0.69	3.63	5.25
4	3.18	5.09	10.82	12.72
5	2.68	6.74	9.09	5.15
6	4.42	8.62	212.50	217.46
7	7.35	3.67	37.99	120.33
8	2.36	15.82	30.96	56.12
9	279.29	226.62	101.83	87.70
10	5.63	1.48	2.61	2.68



(ก)

(ข)

ภาพ 4.3 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารสกัดดอกอัญชันในสารละลายกรด-ด่างที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

ตาราง 4.33 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดผลผักปลังที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	6.70	12.34	11.38	18.58
2	21.69	20.96	24.54	23.56
3	25.64	25.83	26.35	34.71
4	3.20	1.27	5.21	9.07
5	1.98	3.04	2.84	4.63
6	1.03	1.99	3.06	2.59
7	0.35	9.05	15.13	27.66
8	12.14	10.41	8.74	11.82
9	62.80	60.56	62.09	57.88
10	38.92	41.81	41.87	40.57



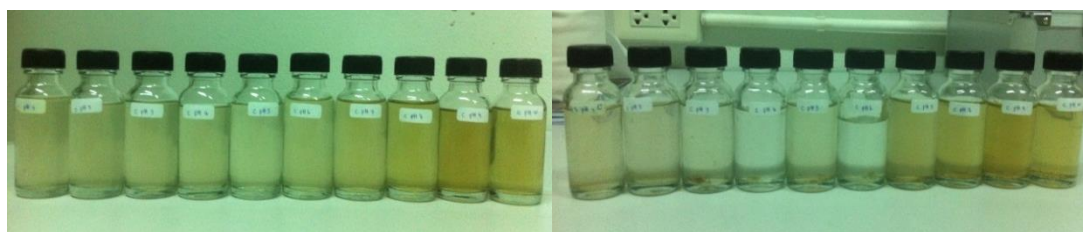
(ก)

(ข)

ภาพ 4.4 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารสกัดผลผักปลังในสารละลายกรดต่างๆที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

ตาราง 4.34 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดผลพลึงกาสาที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	1.97	2.59	0.95	10.01
2	11.64	4.72	2.96	6.90
3	0.35	4.43	6.34	11.75
4	0.38	12.02	9.78	15.06
5	0.35	1.27	2.37	5.18
6	5.09	36.61	16.83	26.88
7	1.26	1.62	1.33	1.90
8	0.48	1.01	2.84	2.13
9	3.73	3.30	3.07	5.53
10	2.41	4.45	3.47	6.97



(ก)

(ข)

ภาพ 4.5 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารสกัดผลพลึงกาสาในสารละลายกรดต่างๆที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

ตาราง 4.35 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดผลหม่อนที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	0.78	2.07	3.18	3.18
2	1.34	1.15	2.30	2.30
3	1.66	6.26	13.31	13.31
4	3.01	3.64	6.99	6.99
5	4.20	6.47	9.00	9.00
6	5.61	6.80	10.64	10.64
7	7.87	10.16	11.01	11.01
8	27.01	27.78	28.77	28.77
9	35.53	30.89	29.99	29.99
10	26.59	30.41	29.79	29.79



(ก)



(ข)

ภาพ 4.6 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารสกัดผลหม่อนในสารละลายกรดต่างที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

ตาราง 4.36 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดแก่นฝางที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	14.99	8.9	3.62	11.89
2	12.37	8.43	11.7	10.98
3	15.35	22.86	16.46	20.7
4	19.65	26.79	26.02	29.56
5	14.57	20.99	22.35	21.61
6	4.59	10.86	3.50	3.61
7	4.37	15.73	13.62	10.22
8	5.96	18.5	21.11	20.7
9	3.78	9.65	8.51	9.23
10	7.50	11.64	14.73	18.85



(ก)

(ข)

ภาพ 4.7 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารสกัดแก่นฝางในสารละลายกรดต่างๆที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

ตาราง 4.37 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดดอกเฟื่องฟ้าที่ระดับค่าความเป็นกรด-ต่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	10.33	10.92	8.16	12.29
2	3.51	3.76	4.20	4.88
3	46.61	54.77	64.19	70.9
4	3.16	3.93	5.22	4.83
5	48.98	54.05	55.2	57.55
6	26.83	42.06	66.1	69.98
7	49.24	63.85	59.82	59.62
8	13.79	12.24	9.99	11.28
9	11.03	11.87	9.47	13.09
10	6.92	8.39	6.80	8.11



(ก)

(ข)

ภาพ 4.8 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารสกัดเฟื่องฟ้าในสารละลายกรดต่างที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

ตาราง 4.38 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดดอกทองกวาวที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	7.74	6.98	7.23	9.19
2	5.75	8.47	8.11	7.47
3	3.74	9.32	8.82	9.48
4	0.69	3.29	3.98	3.48
5	2.28	6.73	5.36	5.33
6	6.30	6.00	11.32	10.73
7	14.35	11.24	11.48	10.97
8	22.86	18.36	28.52	14.87
9	46.16	43.02	56.64	55.76
10	0.87	36.19	35.38	31.58



(ก)



(ข)

ภาพ 4.9 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารสกัดดอกทองกวาวในสารละลายกรดต่างที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

ตาราง 4.39 ค่าความแตกต่างของสีของสารสกัดดอกโสนที่ระดับค่าความเป็นกรด-ด่างต่างกัน

pH	สัปดาห์ที่			
	1	2	3	4
	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$	$\Delta E^*$
1	0.77	6.06	42.8	12.44
2	9.19	9.66	3.73	3.35
3	17.04	10.20	10.82	8.24
4	8.80	113.37	19.72	12.92
5	8.12	12.96	18.61	12.24
6	4.37	6.26	12.27	4.28
7	2.72	10.43	10.39	14.76
8	5.97	9.20	12.92	12.03
9	7.97	19.28	33.34	24.62
10	1.74	4.67	10.21	8.42



(ก)



(ข)

ภาพ 4.10 แสดงลักษณะสีของสารละลายสารดอกโสนในสารละลายกรดต่างที่ 1-10 ที่เปลี่ยนแปลงไป (เรียงจากซ้ายไปขวา) สัปดาห์ที่ 0 (ก) สัปดาห์ที่ 4 (ข)

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสารสีจากพืชธรรมชาติที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง 10 ระดับได้แก่ 1.0, 2.0, 3.0, 4.0, 5.0, 6.0, 7.0, 8.0, 9.0 และ 10.0 โดยพิจารณาค่าความแตกต่างของสี  $\Delta E^*$  (color difference) พบว่าระดับความเป็นกรด-ด่างมีอิทธิพลต่อค่าสี (ตาราง 4.32 – 4.39) ซึ่งจากการศึกษาพบว่าสารสกัดจากพืชส่วนใหญ่ เช่น อัญชัน ผลผักปลัง พิลังกาสา หม่อน และเฟื่องฟ้า ส่วนมากจะคงตัวเมื่ออยู่ในสถานะที่เป็นกรด เนื่องจากพืชดังกล่าวมีสารประกอบแอนโทไซยานินเป็นองค์ประกอบหลัก ซึ่งสารประกอบแอนโทไซยานินเมื่อมีสถานะเป็นกรด-ด่างต่ำ (น้อยกว่า 4.5) แอนโทไซยานินจะอยู่ในรูป flavylium cation ทำให้สารละลายมีสีแดงและมีความคงตัว แต่เมื่อความเป็นกรด-ด่างเพิ่มขึ้น แอนโทไซยานินอยู่ในรูป chaclone และ carbinol pseudo-base จะให้สารละลายสีจางลง และที่ความเป็นกรด-ด่างสูง แอนโทไซยานินอยู่ในรูป quinodial base ทำให้สารละลายมีสีเข้มขึ้น [63] ส่วนสารสกัดจากแก่นฝาง คงตัวในระดับ pH 6 และ 9 ส่วนทองกวาวและดอกโสนมีความคงตัวที่ pH 4 และ 1 ตามลำดับ ซึ่งกล่าวได้ว่าความเป็นกรด-ด่างมีอิทธิพลต่อค่าสีและลักษณะสีของสารสกัดพืชธรรมชาติ นอกจากนี้ยังพบว่าพืชที่มีส่วนประกอบของแอนโทไซยานิน เช่นอัญชันและหม่อน มีคุณสมบัติเป็นอินดิเคเตอร์ ซึ่งลักษณะสีจะเปลี่ยนไปตามค่า pH แอนโทไซยานินจะทำหน้าที่เป็นอินดิเคเตอร์วัดความเป็นกรด-ด่าง (pH indicator) คือให้สีแดงที่ pH ต่ำ ให้สีน้ำเงินที่สถานะเป็นกลาง และไม่มีสีที่ pH สูง [64]

#### 4.4 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อการสารสกัดจากตัวอย่าง

ก. การกำหนดอุณหภูมิ ศึกษาอุณหภูมิ 2 ระดับคือระดับอุณหภูมิในการเก็บรักษา และที่อุณหภูมิสูง ระดับอุณหภูมิในการเก็บรักษาได้แก่ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส  
ระดับอุณหภูมิสูงได้แก่ 45, 70 และ 100 องศาเซลเซียส

เป็นระยะเวลา 3 ระดับ

ระดับอุณหภูมิในการเก็บรักษาได้แก่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

ระดับอุณหภูมิสูงได้แก่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

ข. พิจารณาค่าสี

ในการระบุสีของวัตถุสีในระบบ CIELAB

โดย  $L^*$  ใช้กำหนดค่าความสว่าง  $L = 0$  วัตถุสีมืดถึงดำ  $L = 100$  สว่างมาก

$a^*$  ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว โดยที่เมื่อ  $a$  เป็น + วัตถุสีออกแดง  $a$  เป็น - วัตถุสีออกเขียว

$b^*$  ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน  $b$  เป็น + วัตถุสีออกเหลือง  $b$  เป็น - วัตถุสีออกน้ำเงิน

$C^*$  จะใช้บอกค่าความสดใสของสี

$h^\circ$  คือค่ามุมของสี โดยที่  $h^\circ = 0$  แสดงว่าเป็น สีแดง  $h^\circ = 90$  แสดงว่าเป็น สีเหลือง  $h^\circ = 180$  แสดงว่าเป็น สีเขียว  $h^\circ = 270$  แสดงว่าเป็น สีน้ำเงิน

ในการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการสกัดที่ระดับอุณหภูมิในการเก็บรักษา และอิทธิพลของอุณหภูมิสูงในการประกอบอาหาร สัดส่วนของค่าสี  $L^*$   $a^*$   $b^*$  ซึ่งต้องได้เท่ากับ 1 ถ้ามากกว่าหรือน้อยกว่าหนึ่งแสดงว่าลักษณะสีเปลี่ยนแปลงไป ส่วนค่าการเปลี่ยนแปลงของเฉดสี TCD เป็นค่าที่แสดงการเปลี่ยนแปลงเฉดสี ซึ่งค่าต้องได้เท่ากับ 0 ถ้าค่า TCD มีค่าที่มากกว่า 0 แสดงถึงเฉดสีโดยรวมของตัวอย่างเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งแสดงผลดังตาราง 4.40 – 4.47 และ 4.48 – 4.55 สำหรับอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษาและอุณหภูมิในการประกอบอาหาร

#### 4.4.1 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการเก็บรักษา

ตาราง 4.40 แสดงค่า  $L^*$ (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกอัญชันที่ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	
-4	2	0	27.45	28.68	6.61	21.35	12.32	
		1	27.28	29.69	0.50	29.72	0.94	
		2	26.31	23.20	0.48	23.19	1.19	
		3	26.99	25.83	-0.14	25.85	359.66	
	3	4	26.28	23.14	-0.44	23.18	359.04	
		0	23.06	18.69	-9.29	20.87	333.54	
		1	24.39	21.66	-13.33	25.42	328.39	
		2	24.28	16.95	-10.15	19.77	329.09	
	3	3	24.66	20.53	-13.12	24.35	327.42	
		4	23.85	19.5	-12.22	23.03	327.98	
		2	0	27.43	28.66	6.63	21.36	12.34
			1	27.22	29.74	0.74	29.76	1.44
2	26.48		24.59	0.78	24.59	1.82		
3	27.19		28.23	0.28	28.24	0.57		
10	2	4	25.92	24.93	0.36	24.95	0.85	
		0	23.08	18.67	-9.28	20.87	333.54	
		1	23.92	21.76	-13.12	25.43	328.93	
		2	23.95	17.74	-10.57	20.64	329.20	
	3	3	24.34	20.86	-13.06	24.62	327.87	
		4	23.54	19.26	-12.04	22.73	327.95	
		2	0	27.41	28.67	6.63	21.34	12.31
			1	26.49	28.03	2.25	28.14	4.37
2	26.78		23.85	1.93	23.93	4.59		
3	27.47		27.68	1.97	27.75	4.09		
31	2	4	26.63	25.08	2.44	25.24	5.58	
		0	23.09	18.69	-9.29	20.85	333.55	
		1	23.64	20.76	-11.51	23.75	331.04	
		2	30.00	14.16	1.11	14.18	4.49	
	3	3	36.65	12.84	1.64	12.92	7.27	
		4	36.94	4.43	5.41	6.97	50.56	

ตาราง 4.41 แสดงค่า แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสกัดผลผักปลังที่ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
-4	4	0	28.43	22.05	11.18	24.73	26.83
		1	28.79	25.53	14.61	29.43	29.79
		2	28.40	22.08	12.08	25.22	29.08
		3	29.90	24.35	14.47	28.33	30.72
		4	29.06	22.86	13.86	26.74	31.57
	5	0	27.94	22.28	11.94	25.25	28.19
		1	29.43	25.54	14.35	29.24	29.39
		2	28.57	21.07	11.59	24.06	28.84
		3	29.95	23.16	13.53	26.84	30.30
		4	29.31	22.02	13.18	25.64	30.93
10	4	0	28.48	22.06	11.15	24.76	26.83
		1	29.92	25.39	12.45	28.26	26.14
		2	29.44	21.29	9.67	23.38	24.36
		3	31.08	22.73	11.65	25.55	27.22
		4	29.96	19.97	9.93	22.29	26.43
	5	0	27.96	22.26	11.94	25.27	28.17
		1	29.43	25.51	14.35	29.25	29.32
		2	28.45	21.53	11.03	24.20	27.15
		3	30.25	23.58	12.83	26.86	28.53
		4	29.37	21.68	11.57	24.57	28.16
31	4	0	28.45	22.09	11.16	24.76	26.83
		1	33.43	10.37	12.68	16.38	50.75
		2	26.83	3.26	7.05	7.74	65.23
		3	37.63	2.37	10.86	11.12	77.71
		4	36.86	1.46	10.36	10.45	81.82
	5	0	27.94	22.29	11.93	25.26	28.17
		1	35.18	12.42	15.21	19.67	50.75
		2	30.86	7.19	12.49	14.40	60.07
		3	34.12	3.93	12.12	12.76	72.03
		4	31.73	2.66	10.73	11.05	76.08

ตาราง 4.42 แสดงค่า แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสกัดผลพลทิ้งกาสาที่ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
			L*	a*	b*	C*	h°	
-4	5	0	28.71	8.73	12.12	14.92	54.29	
		1	25.70	4.03	6.23	7.36	57.14	
		2	27.21	4.48	6.92	8.22	57.05	
		3	32.48	4.25	10.08	10.94	67.12	
		4	32.12	4.25	9.95	10.83	66.86	
	7	0	27.32	8.23	10.04	13.02	50.68	
		1	25.48	4.1	6.45	7.61	57.52	
		2	26.35	4.53	5.76	7.34	51.73	
		3	30.09	4.84	9.54	10.72	63.42	
		4	32.24	4.07	9.26	10.06	66.25	
	10	5	0	28.73	8.71	12.14	14.92	54.29
			1	25.70	4.04	6.24	7.37	57.14
			2	28.79	5.44	7.25	9.04	53.14
			3	27.19	5.04	8.32	9.72	58.85
4			27.41	4.93	9.05	10.26	61.43	
7		0	27.33	8.25	10.06	13.02	50.69	
		1	25.48	4.09	6.44	7.62	57.50	
		2	29.18	5.73	7.29	9.26	51.93	
		3	34.03	3.67	8.53	9.26	66.59	
		4	31.58	3.94	9.05	9.84	66.64	
31		5	0	28.71	8.72	12.11	14.90	54.29
			1	30.52	10.66	14.64	18.11	53.99
			2	30.84	7.18	12.48	14.40	60.07
			3	34.07	1.48	4.40	4.63	71.33
	4		33.06	2.92	6.24	6.86	65.02	
	7	0	<b>27.31</b>	<b>8.23</b>	<b>10.05</b>	<b>13.053</b>	<b>50.69</b>	
		1	28.91	9.30	12.28	15.39	52.84	
		2	29.50	6.92	11.20	13.18	58.33	
		3	38.17	2.69	6.62	7.18	68.06	
		4	36.32	2.33	6.33	6.73	69.79	

ตาราง 4.43 แสดงค่า แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสกัดสกัดผลหม่อนที่ -4, 10 และ 31(อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ( C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
-4	1	0	28.97	24.50	15.85	29.13	32.89
		1	31.37	26.15	17.31	31.26	33.52
		2	30.02	22.33	14.46	26.61	32.88
		3	30.78	24.33	16.34	29.25	33.84
		4	30.06	21.97	14.59	26.35	33.65
	2	0	29.43	23.33	15.36	27.96	33.42
		1	31.86	25.17	16.93	30.33	33.88
		2	30.48	21.74	14.12	26.27	33.03
		3	31.39	23.63	16.12	28.55	34.33
		4	29.72	19.45	12.86	23.31	33.53
10	1	0	28.96	24.47	15.82	29.15	32.87
		1	31.35	26.15	17.34	31.35	33.55
		2	30.39	21.97	14.64	26.43	33.68
		3	31.62	25.06	16.79	30.15	33.84
		4	30.12	22.74	15.32	27.43	33.96
	2	0	29.43	23.36	15.39	27.94	33.39
		1	31.85	25.16	16.90	30.31	33.89
		2	30.71	21.47	14.36	25.82	33.74
		3	31.95	24.53	16.54	29.63	33.94
		4	30.66	23.05	15.81	27.95	34.43
31	1	0	28.95	24.47	15.83	29.13	32.88
		1	31.67	26.73	18.64	32.61	34.92
		2	30.81	22.75	15.72	27.63	34.63
		3	32.07	25.04	17.83	30.72	35.49
		4	30.38	22.60	16.22	27.76	35.78
	2	0	29.42	22.66	15.39	27.94	33.39
		1	30.24	22.48	15.31	27.21	34.28
		2	29.72	18.34	12.54	22.25	34.36
		3	31.17	20.63	14.26	25.05	34.57
		4	26.12	13.37	9.34	16.32	34.94

ตาราง 4.44 แสดงค่า แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสกัดสกัดแก่นฝางที่ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
-4	6	0	47.41	1.45	32.26	31.29	100.08
		1	45.42	0.48	31.26	35.02	89.08
		2	41.81	0.52	30.01	30.03	89.06
		3	43.15	3.26	39.07	39.21	85.23
		4	41.81	2.53	34.72	35.02	85.92
	9	0	44.98	8.44	28.76	28.75	85.05
		1	42.96	7.44	27.76	23.65	75.03
		2	38.58	8.17	23.27	24.66	70.68
		3	37.78	12.78	25.47	28.48	63.33
		4	38.58	10.86	20.97	23.65	62.66
10	6	0	47.12	0.21	26.43	24.46	102.93
		1	45.13	-1.23	24.46	32.35	92.92
		2	41.14	-0.74	24.43	2.42	91.73
		3	41.14	0.73	29.96	29.97	88.55
		4	41.81	-0.34	32.33	32.35	90.57
	9	0	39.25	19.69	29.54	33.64	78.26
		1	38.24	17.67	28.56	27.52	58.27
		2	34.06	17.54	22.98	28.94	52.65
		3	34.93	15.47	25.04	29.64	57.67
		4	34.06	14.17	23.56	27.52	58.97
31	6	0	44.64	5.45	44.46	42.73	94.12
		1	42.66	4.44	42.43	38.44	84.05
		2	41.56	5.74	34.08	39.15	81.67
		3	44.16	5.77	44.66	45.02	82.66
		4	41.56	6.86	37.85	38.44	79.77
	9	0	38.84	14.86	30.07	32.23	74.46
		1	36.82	13.87	29.05	26.45	64.44
		2	36.67	8.31	24.86	26.21	71.52
		3	38.87	9.62	27.54	29.18	70.77
		4	36.67	6.44	25.66	26.45	75.88

ตาราง 4.45 แสดงค่า แสดงค่า L\*(ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกเฟื่องฟ้าที่ -4, 10 และ 31(อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
			L*	a*	b*	C*	h°	
-4	2	0	33.76	28.67	4.57	25.86	8.98	
		1	33.02	25.64	3.57	17.72	7.96	
		2	32.16	21.26	2.96	21.45	7.92	
		3	34.67	23.51	2.37	23.64	5.78	
		4	32.16	17.62	1.84	17.72	5.97	
	4	0	33.96	28.87	9.44	27.86	16.53	
		1	32.98	26.86	7.45	23.23	15.52	
		2	31.16	22.23	5.82	22.97	14.66	
		3	33.43	25.55	6.05	26.23	13.32	
		4	32.16	22.77	4.52	23.23	11.22	
	10	2	0	37.28	23.19	5.22	37.28	13.27
			1	36.27	21.18	4.22	36.27	11.25
			2	35.42	14.97	4.37	35.42	16.28
			3	39.27	12.78	4.94	39.27	21.05
4			35.42	0.35	5.63	35.42	34.56	
4		0	35.67	26.47	5.68	35.67	11.96	
		1	33.64	24.45	4.67	33.64	9.97	
		2	32.76	21.09	3.74	32.76	9.72	
		3	35.37	23.07	3.86	35.37	9.45	
		4	32.76	19.83	3.98	32.76	11.37	
31		2	0	46.37	3.66	12.46	5.22	81.89
			1	45.36	3.44	10.44	4.22	71.87
	2		37.96	1.26	13.28	4.37	84.57	
	3		39.06	1.37	12.32	4.94	83.55	
	4		37.96	0.02	10.18	5.63	89.94	
	4	0	42.08	10.45	12.55	5.68	50.16	
		1	41.07	9.46	10.57	4.67	48.15	
		2	30.23	3.02	8.27	3.74	70.03	
		3	33.08	2.08	8.13	3.86	75.67	
		4	30.23	1.43	8.98	3.98	81.02	

ตาราง 4.46 แสดงค่า แสดงค่า L\*(ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกทองกวาวที่ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
-4	4	0	46.77	-2.99	35.88	35.14	106.55
		1	44.78	-3.98	34.88	25.98	96.53
		2	41.13	-3.44	29.04	29.23	96.74
		3	43.13	-3.96	32.05	32.27	97.04
		4	41.13	-3.54	25.73	25.98	97.83
10	4	0	45.75	-1.55	36.02	35.06	110.22
		1	44.74	-2.57	35.02	25.36	94.22
		2	39.17	-1.46	25.98	26.05	93.27
		3	41.42	-2.06	29.12	29.21	94.08
		4	39.17	-1.77	25.32	25.36	94.02
31	4	0	40.96	2.08	29.77	28.84	105.96
		1	38.95	2.07	28.76	7.71	85.95
		2	37.87	2.54	24.97	25.07	84.25
		3	31.52	3.06	16.75	17.12	79.66
		4	37.87	1.78	7.52	7.71	76.57

ตาราง 4.47 แสดงค่า แสดงค่า L\*(ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกโสนที่ -4, 10 และ 31(อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ( C°)	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
-4	1	0	50.66	0.36	5.24	3.28	96.09
		1	49.67	0.24	3.25	2.86	86.07
		2	46.81	0.84	3.99	3.23	83.87
		3	48.55	0.81	2.52	2.53	83.94
		4	46.81	0.21	2.83	2.84	85.98
10	1	0	51.54	0.25	5.46	3.43	100.89
		1	49.55	0.21	3.45	2.86	86.88
		2	46.42	0.18	3.35	3.36	87.13
		3	49.43	0.26	2.77	2.78	84.08
		4	46.42	0.25	2.84	2.86	84.94
31	1	0	51.54	0.79	4.32	3.36	95.09
		1	49.53	0.28	3.32	3.23	85.07
		2	46.42	0.15	3.06	3.52	87.63
		3	49.43	0.06	3.12	3.12	89.08
		4	46.42	-0.03	3.23	3.23	91.73

ตาราง 4.48 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของสารสกัดดอกอัญชันที่อุณหภูมิ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
-4	2	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	0.99	1.16	0.08	6.12	
		2	0.96	1.00	0.07	6.34	
		3	0.98	1.10	-0.02	6.79	
		4	0.96	1.04	-0.07	7.24	
	3	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.06	1.14	1.44	4.46	
		2	1.05	0.95	1.09	1.93	
		3	1.07	1.04	1.41	4.45	
		4	1.03	0.99	1.32	3.14	
	10	2	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	0.99	1.15	1.17	6.00
2			0.97	0.96	1.23	7.20	
3			0.99	1.03	0.45	6.37	
4			0.94	0.91	0.57	7.45	
3		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.04	1.15	1.41	4.99	
		2	1.04	0.97	1.14	1.81	
		3	1.05	1.06	1.41	4.55	
		4	1.02	0.97	1.30	2.86	
31		2	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	0.97	0.47	0.34	4.52
	2		0.98	0.15	0.29	4.74	
	3		1.00	0.11	0.30	4.77	
	4		<b>0.97</b>	<b>0.07</b>	<b>0.37</b>	<b>5.57</b>	
	3	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.02	0.56	1.24	3.08	
		2	1.30	0.32	-0.12	13.28	
		3	1.59	0.18	-0.18	18.37	
		4	1.60	0.12	-0.58	24.73	

ตาราง 4.49 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของสารสกัดผลผักปลังอุณหภูมิ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
-4	4	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.01	1.16	1.31	3.46	
		2	1.00	1.00	1.08	0.90	
		3	1.05	1.10	1.29	3.90	
		4	1.02	1.04	1.24	2.82	
	5	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.05	1.14	1.20	3.19	
		2	1.02	0.95	0.97	0.96	
		3	1.07	1.04	1.13	3.25	
		4	1.05	0.99	1.10	2.30	
	10	4	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	1.05	1.15	1.12	3.85
2			1.03	0.96	0.87	1.93	
3			1.09	1.03	1.04	2.73	
4			1.05	0.91	0.89	2.84	
5		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.05	1.15	1.20	4.30	
		2	1.02	0.97	0.92	1.27	
		3	1.08	1.06	1.07	2.79	
		4	1.05	0.97	0.97	1.57	
31		4	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	1.18	0.47	1.14	12.82
	2		0.94	0.15	0.63	19.34	
	3		1.32	0.11	0.97	21.75	
	4		1.30	0.07	0.93	22.29	
	5	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.26	0.56	1.27	3.08	
		2	1.10	0.32	1.05	13.28	
		3	1.22	0.18	1.02	18.37	
		4	1.14	0.12	0.90	24.73	

ตาราง 4.50 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของสารสกัดผลพื้งกาสาอุณหภูมิ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
-4	5	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	0.49	0.46	0.51	7.27	
		2	0.55	0.51	0.57	5.62	
		3	0.73	0.49	0.83	5.70	
		4	0.73	0.49	0.82	5.28	
	7	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	0.58	0.50	0.64	4.43	
		2	0.56	0.55	0.57	4.49	
		3	0.82	0.59	0.95	3.95	
		4	0.77	0.49	0.92	7.01	
	10	5	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	0.49	0.46	0.51	8.11
2			0.61	0.62	0.60	5.88	
3			0.65	0.58	0.69	5.51	
4			0.69	0.57	0.75	5.05	
7		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	0.59	0.50	0.64	5.82	
		2	0.71	0.64	0.72	4.19	
		3	0.71	0.44	0.85	8.26	
		4	0.76	0.48	0.90	6.14	
31		5	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	1.22	1.22	1.21	3.66
	2		0.97	0.82	1.03	2.66	
	3		0.31	0.17	0.36	11.86	
	4		<b>0.46</b>	<b>0.33</b>	<b>0.52</b>	<b>9.33</b>	
	7	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.18	1.13	1.22	2.95	
		2	1.01	0.84	1.11	2.80	
		3	0.55	0.33	0.66	12.67	
		4	0.52	0.28	0.63	11.39	

ตาราง 4.51 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของสารสกัดผลหม่อนอุณหภูมิต่ำ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิตั้ง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
-4	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.08	1.07	1.09	3.69
		2	1.04	0.91	0.91	2.03
		3	1.06	0.99	1.03	2.60
		4	1.04	0.90	0.92	1.99
	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.08	1.08	1.10	3.79
		2	1.04	0.93	0.92	1.94
		3	1.07	1.01	1.05	2.88
		4	1.01	0.83	0.84	2.53
10	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.08	1.07	1.10	3.29
		2	1.05	0.90	0.93	3.11
		3	1.09	1.02	1.06	2.89
		4	1.04	0.93	0.97	2.15
	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.08	1.08	1.10	3.38
		2	1.04	0.92	0.93	2.51
		3	1.09	1.05	1.07	3.01
		4	1.04	0.99	1.03	1.34
31	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.09	1.09	1.18	4.51
		2	1.06	0.93	0.99	2.54
		3	1.11	1.02	1.13	3.75
		4	1.05	0.92	1.02	2.39
	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.03	0.99	0.99	0.84
		2	1.01	0.81	0.82	5.18
		3	1.06	0.91	0.93	2.91
		4	0.89	0.59	0.61	11.57

ตาราง 4.52 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของสารสกัดแก่นฝางอุณหภูมิ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
-4	6	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	0.88	0.32	0.97	2.95
		2	0.96	1.09	0.93	18.46
		3	0.91	6.85	1.21	33.9
		4	0.88	5.31	1.08	19.29
10	9	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	0.96	0.88	0.97	3.04
		2	0.86	0.97	0.81	35.59
		3	0.84	1.51	0.89	40.59
		4	0.86	1.29	0.73	53.75
31	6	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	0.96	-5.43	0.92	4.96
		2	0.87	-3.29	0.92	16.37
		3	0.95	3.23	1.13	3.61
		4	0.87	-1.51	1.22	31.65
	9	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	0.97	0.9	0.97	3.03
		2	0.87	0.89	0.78	37.3
		3	0.89	0.79	0.85	28.36
		4	0.86	0.72	0.8	46.58
31	6	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	0.96	0.82	0.96	4.53
		2	0.93	1.06	0.77	58.66
		3	0.99	1.06	1.00	0.19
		4	0.93	1.26	0.85	27.58
31	9	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	0.97	0.93	0.97	3.05
		2	0.96	0.56	0.83	37.38
		3	1.02	0.65	0.92	16.93
		4	0.96	0.43	0.85	47.53

ตาราง 4.53 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกเฟื่องฟ้าอุณหภูมิ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
-4	2	0	1.00	1.00	1.00		
		1	0.98	0.9	0.78	10.15	
		2	0.95	0.74	0.65	30.03	
		3	1.03	0.82	0.52	16.15	
		4	0.95	0.62	0.4	66.06	
	4	0	1	1	1		
		1	0.97	0.93	0.79	4.48	
		2	0.92	0.77	0.62	32.52	
		3	0.98	0.89	0.64	11.4	
		4	0.92	0.79	0.48	32.33	
	10	2	0	1.00	1.00	1	
			1	0.97	0.91	0.81	3.03
			2	0.95	0.65	0.84	35.88
			3	1.05	0.55	0.95	56.2
4			0.95	0.62	1.08	263.05	
4		0	1	1	1		
		1	0.94	0.92	0.82	4.16	
		2	0.92	0.08	0.66	20.59	
		3	0.99	0.87	0.68	7.48	
		4	0.92	0.75	0.7	27.72	
31	2	0	1.00	1.00	1		
		1	0.98	0.95	0.84	2.57	
		2	0.82	0.35	1.07	38.58	
		3	0.84	0.38	0.99	29.35	
		4	0.82	0.01	0.82	44.59	
	4	0	1	1	1		
		1	0.98	0.9	0.84	2.69	
		2	0.72	0.29	0.66	4.51	
		3	0.79	0.2	0.65	4.63	
		4	0.72	0.14	0.71	115.01	

ตาราง 4.54 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกทองกวาวอุณหภูมิ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
-4	4	0	1	1	1	0
		1	0.96	1.34	0.97	2.97
		2	0.88	1.16	0.81	39.4
		3	0.92	1.33	0.89	14.43
		4	0.88	1.19	0.72	67.57
10	4	0	1	1	1	0
		1	0.98	1.64	0.97	1.53
		2	0.86	0.93	0.72	72.05
		3	0.91	1.32	0.81	33.31
		4	0.86	1.13	0.7	78.92
31	4	0	1	1	1	0
		1	0.95	0.78	0.97	2.53
		2	0.92	0.96	0.84	54.08
		3	0.77	1.16	0.56	129.8
		4	0.92	0.67	0.25	252.35

ตาราง 4.55 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีทั้งหมด ของสารสกัดดอกโสนที่อุณหภูมิ -4, 10 และ 31 (อุณหภูมิห้อง) องศาเซลเซียส เป็นเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
-4	1	0	1	1	1	0
		1	0.98	0.7	0.77	2.48
		2	0.92	0.28	0.76	8.31
		3	0.96	0.21	0.48	6.03
		4	0.92	0.61	0.54	10.33
10	1	0	1	1	1	0
		1	0.94	0.84	0.63	4.9
		2	0.88	0.72	0.61	15.34
		3	0.94	1.06	0.51	5.84
		4	0.88	1.02	0.52	16.54
31	1	0	1	1	1	0
		1	0.96	0.36	0.62	2.65
		2	0.88	0.19	0.71	14.11
		3	0.94	0.08	0.72	3.21
		4	0.88	-0.11	0.75	14.04

จากการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิต่อสารสกัดสี พบว่าที่สารสกัดพืชทั้ง 8 ชนิดมีความคงตัวของสีที่อุณหภูมิต่ำ หรือถ้าจะรักษาเสถียรภาพของสีไว้ควรเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ -4 องศาเซลเซียส(อุณหภูมิช่องแช่แข็ง) และอุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส (อุณหภูมิในช่องเย็น) ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อเก็บไว้ในที่อุณหภูมิต่ำ จะสามารถรักษาคุณภาพของสีโดยพบว่าค่าสี ทั้งความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าเฉดสีแดง ( $a^*$ ) ค่าเฉดสีเหลือง ( $b^*$ ) ค่าความเข้ม ( $C^*$ ) ค่าเฉดสี ( $h^\circ$ ) ค่าสัดส่วนค่าสี  $L^n$   $a^n$   $b^n$  และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีทั้งหมด ไม่เปลี่ยนแปลงไปมากนัก (ตาราง 3.44 – 3.59) และอีกทั้งป้องกันการเกิดราเมื่อเปรียบเทียบกับสารสกัดตัวอย่างที่เก็บไว้ในที่อุณหภูมิห้อง ซึ่งนอกจากทำให้สารสกัดสีไม่คงทนแล้ว ยังทำให้เกิดราอีก เมื่อตั้งทิ้งไว้ประมาณ 1 สัปดาห์ ส่วนสารสกัดที่มีความคงตัวดีที่สุด คือหม่อนในสภาวะกรด พบว่าค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีไม่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมากนัก เมื่อเก็บไว้เป็นเวลา 1 เดือน

#### 4.4.2 การศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิในการประกอบอาหาร

ตาราง 4.56 แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เม็ดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เม็ดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกอัญชันในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี						
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$		
45	2	0	25.17	26.06	2.28	26.17	5.04		
		30	25.41	26.42	2.00	26.54	4.30		
		60	25.25	26.32	2.24	26.44	4.87		
		90	25.46	26.38	2.46	26.49	5.24		
		120	25.34	26.44	2.30	26.54	4.98		
		0	21.77	18.94	-8.65	20.83	334.11		
	3	30	22.11	19.35	-9.14	21.38	334.78		
		60	22.18	19.23	-8.96	21.24	335.81		
		90	22.11	19.34	-8.99	21.34	335.12		
		120	22.04	19.43	-8.87	21.33	335.11		
		70	2	0	27.43	28.67	6.63	21.35	12.33
				30	28.03	29.56	5.76	30.14	11.05
60	27.98			29.42	6.45	30.45	12.23		
90	27.87			29.94	6.85	30.74	12.82		
120	27.91			30.06	7.01	30.84	13.11		
0	23.06			18.68	-9.28	20.86	233.55		
100	2	30	25.08	19.68	-10.2	22.23	332.45		
		60	23.82	20.09	-9.56	22.24	334.53		
		90	23.63	19.90	-9.59	21.81	334.33		
		120	23.58	20.06	-9.45	22.17	334.74		
		0	27.20	30.66	7.44	31.53	13.64		
		30	27.44	31.13	8.26	32.21	14.86		
100	3	60	27.29	31.34	9.33	32.70	16.61		
		90	27.28	31.19	9.93	32.73	17.60		
		120	27.26	31.25	10.4	32.93	18.64		
		0	21.37	18.80	-8.27	20.55	336.28		
		30	21.31	19.74	-7.92	21.27	338.24		
		60	21.23	19.46	-6.89	20.64	340.54		
100	3	90	21.08	19.52	-6.19	20.52	342.5		
		120	21.03	19.57	-5.62	20.35	343.98		

ตาราง 4.57 แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดผลผักปลังในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
45	4	0	27.66	25.34	10.93	26.92	23.94
		30	28.72	12.14	10.89	26.68	24.14
		60	29.07	5.84	11.15	26.43	24.87
		90	29.35	4.46	10.75	25.74	24.73
		120	29.95	3.94	11.34	25.42	25.79
	5	0	27.43	24.94	11.75	27.36	25.45
		30	28.34	15.90	12.09	27.52	26.03
		60	28.45	8.66	12.27	27.85	26.52
		90	28.73	5.64	12.34	26.04	26.84
		120	28.04	4.63	12.39	26.87	27.42
70	4	0	26.89	24.66	11.18	24.75	26.81
		30	37.09	24.37	12.90	22.59	34.74
		60	40.32	23.97	15.40	19.92	50.68
		90	41.09	23.38	16.33	19.25	48.13
		120	40.96	22.75	15.89	18.86	63.48
	5	0	23.47	24.73	11.91	25.25	28.16
		30	34.22	24.75	13.61	24.13	34.33
		60	38.19	24.62	15.57	22.02	44.99
		90	39.78	24.43	16.63	21.17	51.67
		120	40.16	23.89	17.18	20.77	55.76
100	4	0	28.49	22.09	10.52	27.42	22.54
		30	31.53	18.57	16.82	20.75	54.22
		60	35.11	12.62	19.53	20.37	73.33
		90	36.26	10.17	20.26	20.73	77.66
		120	37.19	8.43	20.47	20.87	79.16
	5	0	27.93	22.28	11.29	27.39	24.34
		30	30.47	19.94	16.95	23.23	46.87
		60	32.88	15.58	20.69	22.42	67.31
		90	34.39	13.13	21.57	22.30	75.27
		120	34.87	11.66	21.61	22.14	77.80

ตาราง 4.58 แสดงค่า L\*(ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดผลพลทิ้งภาสาในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
45	5	0	28.15	8.53	8.52	16.92	50.56
		30	28.03	8.81	8.78	19.47	51.26
		60	27.38	8.63	8.62	19.50	49.84
		90	27.64	8.76	8.75	18.83	50.57
		120	27.39	8.62	8.63	19.14	43.50
	7	0	28.42	9.25	9.23	17.88	50.66
		30	27.78	9.25	9.23	18.92	50.31
		60	27.56	9.3	9.29	18.84	49.22
		90	27.26	9.27	9.33	18.86	48.63
		120	27.31	9.33	9.34	14.82	48.85
70	5	0	28.73	6.92	12.14	14.90	54.29
		30	28.04	8.54	11.55	15.33	49.023
		60	28.03	8.94	11.43	15.54	47.35
		90	27.62	9.12	10.92	15.16	45.95
		120	27.70	9.86	11.35	15.76	46.14
	7	0	27.32	7.43	10.03	13.02	50.69
		30	26.73	8.53	9.34	12.66	47.42
		60	25.94	8.94	8.23	11.47	45.83
		90	25.23	9.17	7.37	10.53	44.61
		120	25.45	7.81	7.64	10.67	45.89
100	5	0	35.62	8.72	15.45	13.43	65.94
		30	35.19	10.07	17.49	14.07	64.02
		60	34.20	10.55	17.36	13.35	62.75
		90	33.11	10.55	16.50	13.82	61.04
		120	33.31	10.91	16.43	13.32	59.12
	7	0	<b>36.07</b>	<b>8.23</b>	<b>16.28</b>	<b>14.62</b>	<b>65.51</b>
		30	33.90	8.55	16.88	14.45	63.20
		60	33.12	7.96	16.59	14.23	61.68
		90	33.12	7.51	16.48	14.11	60.83
		120	28.31	7.44	12.59	14.20	58.19

ตาราง 4.59 แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (แดง-เขียว), b\* (เหลือง-น้ำเงิน), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดผลหม่อนในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
45	1	0	30.02	24.27	16.04	29.09	33.53
		30	30.61	24.52	16.43	29.52	33.79
		60	30.54	24.68	15.86	29.69	33.80
		90	30.43	24.73	16.43	29.72	33.65
		120	30.42	24.83	16.58	29.84	33.76
	2	0	30.82	22.93	15.58	27.72	34.24
		30	31.21	22.90	15.60	27.70	34.23
		60	31.14	22.95	15.71	27.76	34.44
		90	31.11	23.04	15.75	27.93	34.33
		120	31.04	23.12	15.85	28.04	34.45
70	1	0	28.95	24.48	15.81	25.82	32.89
		30	29.44	24.53	15.83	29.21	32.82
		60	29.44	24.18	15.34	28.61	32.34
		90	28.74	23.41	14.94	27.87	32.35
		120	<b>28.63</b>	<b>23.26</b>	<b>14.73</b>	<b>27.53</b>	<b>32.32</b>
	2	0	29.42	23.37	15.36	27.95	33.38
		30	30.15	23.91	15.87	28.72	33.58
		60	30.23	23.99	16.09	28.88	33.83
		90	30.14	24.05	16.06	28.92	33.78
		120	30.12	23.99	16.07	29.077	33.85
100	1	0	29.08	25.85	17.09	30.68	33.51
		30	27.91	23.94	15.48	28.49	32.90
		60	27.56	22.65	14.57	26.94	32.79
		90	27.97	22.77	15.07	27.34	33.45
		120	28.24	22.94	15.62	27.75	34.23
	2	0	29.70	24.94	16.98	30.17	34.23
		30	29.97	25.52	17.53	30.96	34.48
		60	29.74	25.65	17.78	31.18	34.78
		90	29.68	25.41	17.81	31.03	34.96
		120	29.32	25.42	17.68	30.94	34.85

ตาราง 4.60 แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดแก่นฝางในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
45	6	0	41.37	7.43	39.2	39.88	79.26
		30	39.19	8.19	35.51	34.76	77
		60	37.99	9.77	33.43	34.82	75.2
		90	38.34	9.04	34.34	35.49	75.25
		120	36.32	9.61	30.47	31.95	72.52
	9	0	24.02	18.95	10.11	21.47	28.08
		30	23.87	18.67	9.86	21.11	27.81
		60	23.84	18.43	9.66	20.09	27.73
		90	23.82	18.3	9.6	20.65	27.66
		120	23.62	17.94	9.25	20.16	27.33
70	6	0	39.52	-0.47	29.04	29.05	90.91
		30	42.77	0.22	36.44	36.45	89.68
		60	41.88	2.31	38.13	38.2	86.65
		90	41.81	2.95	38.44	38.55	85.64
		120	41.56	3.86	38.42	38.61	84.29
	9	0	31.16	16.33	19.93	25.77	50.67
		30	<b>31.94</b>	<b>17.99</b>	<b>21.88</b>	<b>28.3</b>	<b>50.57</b>
		60	30.73	18.34	20.55	27.55	48.25
		90	30.44	18.28	20.32	27.34	48.08
		120	30.31	18.02	20.12	27.01	48.14
100	6	0	44.77	-1.24	39.42	39.45	92.05
		30	43.14	4.37	43.41	43.61	84.26
		60	42.32	6.26	42.71	43.15	81.67
		90	41.32	8.06	41.02	41.78	78.87
		120	41.04	9.21	40.72	41.75	77.27
	9	0	33.07	19.65	24.52	31.42	51.3
		30	31.05	21.26	22.32	30.74	46.22
		60	27.74	22.32	17.07	28.08	37.43
		90	27.08	21.07	16.47	26.75	38.05
		120	25.72	19.95	14.25	24.5	35.52

ตาราง 4.61 แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกเฟื่องฟ้าในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
45	2	0	31.97	16.48	5.98	17.52	19.91
		30	33.33	14.93	6.74	16.38	24.32
		60	33.58	14.43	7.19	16.12	24.47
		90	34.01	13.64	7.63	15.66	29.44
		120	34.47	12.78	8.26	15.21	32.61
	4	0	29.04	21.77	5.23	22.39	13.45
		30	29.87	21.32	5.27	21.97	13.89
		60	29.95	21.04	5.61	21.77	14.93
		90	30.18	20.57	5.67	21.34	15.43
		120	30.37	19.98	5.94	20.85	16.6
70	2	0	35.57	9.46	6.77	11.63	35.51
		30	40.97	6.64	8.66	10.92	52.44
		60	42.72	3.02	10.14	10.59	73.42
		90	42.98	2.39	10.42	10.7	77.12
		120	43.09	1.9	10.62	10.78	79.87
	4	0	32.04	16.72	9.79	17.68	19.15
		30	36.84	13.45	9.39	16.43	34.95
		60	38.6	8.76	12.07	14.91	54.02
		90	39.38	7.07	12.97	14.77	61.43
		120	39.71	6.03	13.26	14.57	65.61
100	2	0	33.63	11.74	4.97	12.75	22.93
		30	39.62	3.52	12.94	13.41	74.84
		60	39.65	2.55	13.75	13.98	79.44
		90	39.49	2.47	14.12	14.33	80.13
		120	39.33	2.45	14.55	14.77	80.41
	4	0	28.66	22.41	4.55	22.87	11.46
		30	33.88	13.38	11.01	17.32	39.48
		60	35.52	9.93	13.87	17.05	54.36
		90	36.13	7.73	15.38	17.18	63.34
		120	36.41	6.61	16.74	17.98	68.43

ตาราง 4.62 แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกทองกวาวในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
45	4	0	39.52	1.42	28.53	28.56	87.22
		30	40.46	1.31	29.34	29.36	87.45
		60	40.28	1.35	29.4	29.41	87.42
		90	40.23	1.31	29.33	29.35	87.47
		120	40.55	1.24	29.37	29.38	85.95
70	4	0	38.52	-0.76	25.65	25.64	91.67
		30	41.92	-1.56	29.54	29.61	93.04
		60	41.96	-1.37	29.6	29.63	92.64
		90	41.83	-1.13	29.5	29.52	92.21
		120	41.77	-1.14	29.57	29.58	92.24
100	4	0	41.07	0.25	30.5	30.5	89.56
		30	40.17	0.91	29.82	29.82	88.25
		60	40.57	0.93	30.57	30.61	88.27
		90	40.33	1.67	30.66	30.68	86.87
		120	39.54	2.44	30.38	30.46	85.42

ตาราง 4.63 แสดงค่า L\* (ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกโสนในระดับอุณหภูมิสูง ได้แก่ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
45	1	0	43.91	1.86	5.63	5.92	71.63
		30	44.76	1.96	6.03	6.37	71.95
		60	44.98	2.01	6.02	6.34	71.66
		90	44.64	1.94	6.08	6.4	70.76
		120	44.12	2.04	6.42	6.74	72.52
70	1	0	45.45	0.47	2.94	2.97	80.65
		30	47.4	0.62	2.97	3.04	78.65
		60	47.32	0.56	3.18	3.25	80.15
		90	47.55	0.48	3.24	3.27	81.45
		120	47.67	0.44	3.24	3.27	82.33
100	1	0	46.08	3.6	5.62	6.65	87.37
		30	48.21	1.39	8.39	8.51	80.64
		60	47.85	1.23	10.11	10.2	83.03
		90	47.26	1.24	11.48	11.56	83.89
		120	46.84	1.23	12.32	12.37	84.30

ตาราง 4.64 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกอัญชันที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.01	1.01	0.88	0.52
		60	1.00	1.01	0.98	0.28
		90	1.01	1.01	1.08	0.47
		120	1.01	1.01	1.01	0.42
	3	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.02	1.02	1.06	0.72
		60	1.02	1.02	1.04	0.59
		90	1.02	1.02	1.04	0.63
		120	1.02	1.03	1.03	0.60
70	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.01	1.03	0.87	1.38
		60	1.00	1.03	0.97	0.95
		90	1.00	1.04	1.03	1.37
		120	1.00	1.05	1.06	1.52
	3	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.00	1.05	1.11	2.47
		60	0.99	1.08	1.03	1.62
		90	0.99	1.07	1.03	1.38
		120	0.98	1.07	1.02	1.48
100	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.02	1.02	1.11	0.98
		60	1.02	1.02	1.25	2.01
		90	1.02	1.02	1.33	2.54
		120	1.02	1.02	1.40	3.02
	3	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.09	1.05	0.96	1.00
		60	1.03	1.03	0.83	1.54
		90	1.02	1.04	0.75	2.22
		120	1.02	1.04	0.70	2.78

ตาราง 4.65 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดผลผักปลังที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.04	0.99	1.00	1.10
		60	1.05	0.97	1.02	1.58
		90	1.06	0.95	0.98	2.13
		120	1.08	0.92	1.04	3.01
	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.03	1.00	1.03	0.98
		60	1.04	0.99	1.04	1.15
		90	1.05	0.99	1.05	1.46
		120	1.02	0.97	1.05	1.22
70	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.11	0.84	1.15	17.82
		60	1.23	0.57	1.38	25.33
		90	1.27	0.46	1.46	27.06
		120	1.31	0.38	1.42	27.47
	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.09	0.89	1.14	15.15
		60	1.12	0.70	1.31	23.88
		90	1.23	0.59	1.40	27.28
		120	1.25	0.52	1.44	28.24
100	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.38	0.48	1.60	4.94
		60	1.50	0.23	1.86	12.30
		90	1.53	0.18	1.93	15.12
		120	1.52	0.16	1.95	16.86
	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.46	0.64	1.50	3.85
		60	1.63	0.35	1.83	9.09
		90	1.69	0.23	1.91	12.15
		120	1.71	0.19	1.91	13.73

ตาราง 4.66 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดผลพื้ลึงกาสาที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.99	1.03	1.03	0.40
		60	0.97	1.01	1.01	0.78
		90	0.98	1.03	1.03	0.60
		120	0.97	1.01	1.02	0.77
	7	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.98	1.00	1.00	0.64
		60	0.97	1.01	1.01	0.86
		90	0.96	1.00	1.01	1.16
		120	0.96	1.01	1.01	1.13
70	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.98	1.16	0.95	2.65
		60	0.98	1.21	0.94	3.12
		90	0.96	1.21	0.90	3.50
		120	0.96	1.25	0.94	3.86
	7	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.98	1.04	0.93	2.51
		60	0.95	0.97	0.82	3.33
		90	0.92	0.91	0.73	3.43
		120	0.93	0.90	0.76	8.60
100	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.99	1.23	1.13	1.63
		60	0.96	1.29	1.12	2.09
		90	0.93	1.32	1.07	2.46
		120	0.94	1.42	1.06	2.55
	7	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.94	1.15	1.04	0.96
		60	0.92	1.20	1.02	2.29
		90	0.92	1.23	1.01	3.46
		120	0.78	1.05	0.77	3.14

ตาราง 4.67 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของสารสกัดผลหม่อนที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.02	1.01	1.02	0.75
		60	1.02	1.02	0.99	0.68
		90	1.01	1.02	1.02	0.73
		120	1.01	1.02	1.03	0.87
	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.01	0.99	1.00	0.40
		60	1.01	1.00	1.01	0.34
		90	1.01	1.00	1.01	0.35
		120	1.01	1.00	1.02	0.40
70	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.02	1.00	0.91	2.75
		60	1.02	0.99	0.85	4.34
		90	0.99	0.96	0.88	3.84
		120	0.99	0.95	0.91	3.36
	2	0	1.00	1.00	1.02	0
		30	1.03	1.02	1.05	0.84
		60	1.03	1.03	1.07	1.07
		90	1.02	1.03	1.07	0.95
		120	1.02	1.03	1.06	0.93
100	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.96	0.93	1.00	0.50
		60	0.95	0.88	0.97	0.75
		90	0.96	0.88	0.94	1.39
		120	0.97	0.89	0.93	1.66
	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.01	1.02	1.03	1.04
		60	1.00	1.03	1.05	1.26
		90	1.00	1.02	1.05	1.22
		120	1.00	1.02	1.05	1.18

ตาราง 4.68 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของสารสกัดแก่นฝางที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	6	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.95	1.10	0.91	0.63
		60	0.92	1.31	0.85	0.68
		90	0.93	1.22	0.88	0.87
		120	0.88	1.29	0.78	0.74
	9	0	1	1.00	1.00	0
		30	0.99	0.99	0.98	0.40
		60	0.99	0.97	0.96	0.35
		90	0.99	0.97	0.95	0.41
		120	0.98	0.95	0.91	0.40
70	6	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.95	1.10	0.91	2.75
		60	0.92	1.31	0.85	4.34
		90	0.93	1.22	0.88	3.84
		120	0.88	1.29	0.78	3.36
	9	0	1	1.00	1.00	0
		30	0.99	0.99	0.98	0.84
		60	0.99	0.97	0.96	1.07
		90	0.99	0.97	0.95	0.97
		120	0.98	0.95	0.91	0.93
100	6	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	0.95	1.10	0.91	0.50
		60	0.92	1.31	0.85	0.75
		90	0.93	1.22	0.88	1.39
		120	0.88	1.29	0.78	1.66
	9	0	1	1.00	1.00	0
		30	0.99	0.99	0.98	1.10
		60	0.99	0.97	0.96	1.26
		90	0.99	0.97	0.95	1.22
		120	0.98	0.95	0.91	1.18

ตาราง 4.69 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกเฟื่องฟ้าที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.04	0.91	1.13	0.75
		60	1.05	0.88	1.2	0.68
		90	1.06	0.83	1.28	0.73
		120	1.08	0.78	1.38	0.87
	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.03	0.98	1.01	0.40
		60	1.03	0.97	1.07	0.34
		90	1.04	0.94	1.08	0.35
		120	1.05	0.92	1.14	0.40
70	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.04	0.91	1.13	2.75
		60	1.05	0.88	1.2	4.34
		90	1.06	0.83	1.28	3.84
		120	1.08	0.78	1.38	3.36
	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.03	0.98	1.01	0.84
		60	1.03	0.97	1.07	1.07
		90	1.04	0.94	1.08	0.95
		120	1.05	0.92	1.14	0.93
100	2	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.04	0.91	1.13	0.50
		60	1.05	0.88	1.2	0.75
		90	1.06	0.83	1.28	1.39
		120	1.08	0.78	1.38	1.66
	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.03	0.98	1.01	1.04
		60	1.03	0.97	1.07	1.26
		90	1.04	0.94	1.08	1.22
		120	1.05	0.92	1.14	1.18

ตาราง 4.70 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกทองกวาวที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.02	0.92	1.03	0.75
		60	1.02	0.95	1.03	0.68
		90	1.02	0.92	1.03	0.73
		120	1.03	0.87	1.03	0.87
70	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.02	0.92	1.03	2.78
		60	1.02	0.95	1.03	4.34
		90	1.02	0.92	1.03	3.83
		120	1.03	0.87	1.03	3.36
100	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		30	1.02	0.92	1.03	2.75
		60	1.02	0.95	1.03	4.34
		90	1.02	0.92	1.03	3.84
		120	1.03	0.87	1.03	3.36

ตาราง 4.71 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีทั้งหมด ของสารสกัดดอกโสนที่อุณหภูมิ 45, 70 (พาสเจอร์ไรซ์) และ 100 (สเตอริไลซ์) องศาเซลเซียส ที่ 0, 30, 60, 90 และ 120 นาที

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา (นาที)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
45	1	0	1	1.00	1.00	0
		30	1.02	1.05	1.07	0.75
		60	1.02	1.08	1.07	0.68
		90	1.02	1.04	1.08	0.73
		120	1	1.10	1.14	0.87
70	1	0	1	1.00	1.00	0
		30	1.02	1.05	1.07	2.75
		60	1.02	1.08	1.07	4.34
		90	1.02	1.04	1.08	3.84
		120	1	1.10	1.14	3.36
100	1	0	1	1.00	1.00	0
		30	1.02	1.05	1.07	0.50
		60	1.02	1.08	1.07	0.75
		90	1.02	1.04	1.08	1.39
		120	1	1.10	1.14	1.66

จากการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสารสีจากสารสกัดจากพืชธรรมชาติที่ระดับ ความเป็นกรด-ด่าง ต่างกันโดยเลือก pH ที่มีความคงทนที่สุด ซึ่งได้ทำงานศึกษาข้างต้น นำมาให้ความร้อน 3 ระดับ ดังนี้ 45 องศาเซลเซียส ให้ความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ (70 องศาเซลเซียส) และให้ความร้อนระดับสเตอริไลซ์ (100 องศาเซลเซียส)

เมื่อพิจารณาผลของการให้ความร้อนต่อความคงตัวของสารสี พบว่า การให้ความร้อนมี อิทธิพลต่อค่าสี ทั้งความสว่าง ( $L^*$ ) ค่าเฉดสีแดง ( $a^*$ ) ค่าเฉดสีเหลือง ( $b^*$ ) ค่าความเข้ม ( $C^*$ ) ค่าเฉดสี ( $h^\circ$ ) ค่าสัดส่วนค่าสี  $L^n$   $a^n$   $b^n$  และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีทั้งหมด (ตาราง 4.55 – 4.71) พบว่าการให้ความร้อนทั้ง 3 ระดับทำให้ค่าสีลดลง โดยพบว่าสารสกัดสีที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีความคงตัวสูงที่สุด และมีความคงตัวต่อความร้อนระดับ 45 องศาเซลเซียส และ 70 องศาเซลเซียส (พาสเจอร์ไรซ์) ได้ดีกว่าที่อุณหภูมิระดับ 100 องศาเซลเซียส (สเตอริไลซ์) เนื่องจากการให้ความร้อนทำให้เกิดการสลายตัวของค่าสีเพิ่มขึ้น [65] กล่าวว่สารละลายสีธรรมชาติจะมีความคงตัวดีที่อุณหภูมิต่ำ คือ ไม่ผ่านการให้ความร้อน ซึ่งการสลายทางความร้อน (thermal degradation) มีผลต่อความเสถียรของสารสี คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่ม

ความเสถียรของรงควัตถุต่างๆ ในอาหารจะลดลง และเมื่อพิจารณาค่าการสลายตัวทางความร้อน และค่าครึ่งชีวิตของสารสกัดตัวอย่างที่ผ่านความร้อนเป็นเวลา 120 นาที แสดงผลดังตาราง 4.72

ตาราง 4.72 อิทธิพลที่ระดับอุณหภูมิสูงต่อ  $k_1$  (ค่าการสลายตัว) และ  $t_{1/2}$  (ค่าครึ่งชีวิต) ของสารสกัดจากพืช

ตัวอย่าง	อุณหภูมิ	$k_1$ (ต่อชั่วโมง)	$t_{1/2}$ (ชั่วโมง)
ดอกอัญชัน	45	0.0054	129.26
	70	0.0114	61.23
	100	0.1253	5.57
ผลผักปลัง	45	0.0180	38.78
	70	0.3360	2.08
	100	0.8580	0.81
ผลพิลังกาสา	45	0.0060	116.33
	70	0.1260	5.54
	100	0.2160	3.23
ผลหม่อน	45	0.0060	116.33
	75	0.0120	58.17
	100	0.0180	38.78
แก่นฝาง	45	0.0020	346.5
	70	0.1230	5.63
	100	0.2050	3.38
ดอกเฟื่องฟ้า	45	0.0090	77.00
	70	0.3340	2.07
	100	0.8490	0.82
ดอกทองกวาว	45	0.0030	231.00
	70	0.0100	69.30
	100	0.0120	57.75
ดอกโสน	45	0.0160	43.31
	70	0.1170	5.92
	100	0.1235	5.61

จากการศึกษาพบว่าการย่อยสลายทางความร้อน (thermal degradation) มีค่าแปรผกผันกับค่าครึ่งชีวิตกล่าวคือ เมื่อค่าการสลายตัวทางความร้อนมาก จะทำให้ค่าครึ่งชีวิตของรงควัตถุมีค่าน้อยลง เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น (ตาราง 4.72) ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าการย่อยสลายทางความร้อนมีผลต่อความเสถียรของรงควัตถุต่าง ๆ ในอาหาร คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่ม ความเสถียรภาพของรงควัตถุต่างๆ ในอาหารจะลดลง และในกรณีของสารสกัดที่มีสารประกอบแอนโทไซยานินจะพบว่าความร้อน มีผลต่อเสถียรภาพของแอนโทไซยานิน ตัวอย่างเช่น cyanidin 3-glucoside และ cyaniding 3-rutinoside จะสลายตัวที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส ในสารละลายกรดอ่อน (pH 1-4 ) ทั้งสภาวะที่มีและไม่มีออกซิเจน [66]

#### 4.5 การศึกษาอิทธิพลของแสงต่อสารสกัดจากตัวอย่าง

จากการศึกษาอิทธิพล 2 ปัจจัยคือ ที่มีแสง และที่ไม่มีแสง เป็นระยะเวลา 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์  
พิจารณาโดยค่าสี ในการระบุสีของวัตถุสีในระบบ CIELAB โดย

L\* ใช้กำหนดค่าความสว่าง L = 0 วัตถุสีมืดถึงดำ L = 100 สว่างมาก

a\* ใช้กำหนดสีแดง หรือสีเขียว โดยที่เมื่อ a เป็น + วัตถุสีออกแดง a เป็น - วัตถุสีออกเขียว

b\* ใช้กำหนดสีเหลือง หรือสีน้ำเงิน b เป็น + วัตถุสีออกเหลือง b เป็น - วัตถุสีออกน้ำเงิน

C\* จะใช้บอกค่าความสดใสของสี

h° คือค่ามุมของสี โดยที่ h° = 0 แสดงว่าเป็น สีแดง h° = 90 แสดงว่าเป็น สีเหลือง h° = 180 แสดงว่าเป็น สีเขียว h° = 270 แสดงว่าเป็น สีน้ำเงิน

ตาราง 4.73 แสดงค่า L\*(ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกอัญชันจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี						
			L*	a*	b*	C*	h°		
ที่มีแสง	2	0	24.38	24.20	2.05	20.55	16.88		
		1	24.79	23.47	2.03	20.85	16.39		
		2	26.06	24.28	3.61	21.83	17.24		
		3	26.45	25.80	5.02	22.93	18.68		
		4	28.64	26.78	5.23	23.86	19.68		
	3	0	21.37	17.65	-5.85	18.24	11.54		
		1	22.21	17.69	-6.33	18.90	11.66		
		2	23.97	18.92	-3.73	20.23	12.79		
		3	31.02	17.49	1.09	25.81	12.54		
		4	37.04	12.26	2.77	30.92	9.04		
		ที่มีมืด	2	0	24.38	24.20	2.05	20.55	16.88
				1	24.53	23.53	2.65	20.65	16.44
2	24.91			23.39	3.01	20.94	16.35		
3	26.44			26.61	5.19	22.13	19.18		
4	27.36			25.46	5.20	22.85	18.37		
3	0		21.37	17.65	-5.85	18.24	11.54		
	1		21.39	16.15	-4.75	18.30	10.47		
	2		22.50	18.67	-4.03	19.12	12.42		
	3		23.36	21.62	-2.32	19.77	14.75		
	4		27.30	20.75	-1.23	20.48	14.22		

ตาราง 4.74 แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดผลผักปลังจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
ที่มีแสง	4	0	25.59	22.44	10.93	21.47	15.67
		1	38.72	6.49	12.85	32.40	4.74
		2	40.04	2.47	12.82	33.58	1.86
		3	41.38	1.34	12.56	34.78	0.98
		4	42.81	0.92	11.87	36.10	0.68
	5	0	25.58	22.52	10.08	21.47	15.76
		1	33.22	7.16	10.95	27.64	4.99
		2	33.94	2.88	10.70	28.25	1.98
		3	35.16	2.15	11.76	29.19	1.49
		4	34.72	1.76	11.07	21.47	1.22
ที่มีมืด	4	0	25.59	22.44	10.93	21.47	15.67
		1	35.50	7.11	13.67	29.58	5.06
		2	36.63	4.41	14.96	30.56	3.13
		3	38.19	3.62	15.73	31.93	2.60
		4	39.44	2.82	14.80	33.04	2.04
	5	0	25.58	22.52	10.08	21.47	15.76
		1	31.82	7.15	11.03	26.47	4.91
		2	33.36	3.60	11.70	27.75	2.47
		3	33.75	2.94	12.30	28.09	2.02
		4	35.29	2.72	12.74	21.47	1.89

ตาราง 4.75 แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดผลพิลังกาสาจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	
ที่มีแสง	5	0	30.27	22.06	10.64	25.19	2.53	
		1	31.02	21.11	9.17	25.81	2.10	
		2	32.39	20.66	8.82	26.67	1.87	
		3	40.71	21.16	6.00	34.18	0.52	
		4	38.34	20.50	7.57	32.05	1.02	
	7	0	30.36	20.92	10.63	25.25	2.30	
		1	32.27	19.68	9.39	26.85	1.86	
		2	39.70	18.98	6.79	33.27	0.78	
		3	45.08	19.95	5.18	38.21	0.26	
		4	40.95	16.87	5.82	34.40	0.49	
	ที่มีมืด	5	0	30.27	22.06	10.64	25.19	2.53
			1	32.83	21.59	10.28	27.31	1.95
			2	32.95	20.79	10.14	27.41	1.82
			3	36.2	22.62	10.55	30.19	1.60
4			36.01	22.64	11.13	30.02	1.91	
7		0	30.36	20.92	10.63	25.25	2.30	
		1	30.56	20.24	10.08	25.43	2.38	
		2	37.62	22.36	7.97	31.42	0.98	
		3	41.43	20.47	6.58	34.84	0.54	
		4	44.29	19.13	6.26	37.47	0.45	

ตาราง 4.76 แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดผลหม่อนจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
ที่มีแสง	1	0	28.16	28.16	14.52	23.46	15.75
		1	28.75	28.64	14.67	23.96	15.46
		2	29.21	28.79	15.00	24.33	14.85
		3	29.80	29.66	16.42	24.81	16.42
		4	30.31	30.45	16.39	25.22	16.54
	2	0	28.37	28.37	13.84	23.64	14.87
		1	29.35	28.93	13.91	24.45	14.43
		2	29.85	31.96	14.11	24.85	16.53
		3	32.79	33.64	15.71	27.10	15.22
		4	34.82	34.37	13.96	29.00	15.75
ที่มีมืด	1	0	28.16	28.16	14.52	23.46	15.09
		1	28.64	28.75	14.88	23.87	14.79
		2	28.79	29.21	14.59	23.99	15.27
		3	29.66	29.80	16.57	24.69	14.81
		4	30.45	30.31	16.69	25.33	14.87
	2	0	28.37	28.37	13.84	23.64	14.04
		1	28.93	29.35	14.09	24.10	13.57
		2	31.96	29.85	16.74	26.59	14.69
		3	33.64	32.79	16.82	28.00	15.75
		4	34.37	34.82	15.29	28.61	15.46

ตาราง 4.77 แสดงค่า L\*(ความสว่าง), a\* (เฉดสีแดง-เขียว), b\* (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง), C\* (ความเข้มสี) และ h° (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดแก่นฝางจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h°
ที่มีแสง	6	0	41.57	-1.85	24.23	24.27	94.39
		1	36.29	12.24	31.53	33.82	68.80
		2	28.45	13.27	17.19	22.35	53.58
		3	35.77	13.65	31.81	34.62	66.76
		4	35.25	12.26	30.11	32.66	67.2
	9	0	26.18	17.77	15.04	23.28	40.24
		1	24.33	14.71	10.79	18.24	36.27
		2	25.33	13.91	12.37	18.62	41.66
		3	26.52	14.46	15.39	21.12	45.8
		4	29.01	14.88	18.54	23.78	51.27
ที่มีมืด	6	0	41.75	-1.85	24.23	24.27	94.39
		1	37.24	12.27	33.41	35.59	69.83
		2	36.38	13.14	31.74	34.35	67.5
		3	36.91	15.01	33.88	37.32	66.13
		4	37.24	15.39	33.35	36.73	65.23
	9	0	26.18	17.77	15.04	23.28	40.24
		1	24.77	16.16	11.78	20.00	36.1
		2	23.88	14.37	10.04	17.55	34.93
		3	23.75	13.86	10.93	17.67	38.01
		4	24.93	14.57	11.83	18.77	38.76

ตาราง 4.78 แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกเฟื่องฟ้าจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี					
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$	
ที่มีแสง	2	0	42.45	1.47	2.66	3.04	61.23	
		1	43.99	-0.37	1.4	1.44	104.83	
		2	44.96	-0.37	1.27	1.33	106.18	
		3	46.02	-0.23	2.02	2.03	96.55	
		4	46.58	-0.42	1.21	1.29	112.46	
	4	0	37.18	5.22	6.08	8.06	49.39	
		1	43.88	-0.32	4.24	4.25	92.32	
		2	46.37	-0.53	3.07	3.12	99.81	
		3	46.98	-0.6	2.64	2.7	102.86	
		4	44.86	-0.54	2.75	2.81	101.59	
	ที่มีมืด	2	0	42.45	1.47	2.66	3.04	61.23
			1	43.55	-0.05	2.89	2.89	90.87
			2	45.34	-0.44	2.34	2.38	100.59
			3	48.66	-0.56	2.23	2.3	104.38
4			47.52	-0.48	2.19	2.24	102.38	
4		0	37.18	5.22	6.08	8.06	49.39	
		1	44.17	-0.01	4.29	4.79	90.12	
		2	43.61	-0.65	3.25	3.31	101.51	
		3	44.82	-0.65	3.07	3.14	102.44	
		4	47.9	-0.74	2.84	2.94	105.09	

ตาราง 4.79 แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกทองกวาวจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
ที่มีแสง	4	0	41.07	-4.69	26.71	27.13	99.97
		1	41.42	-3.11	22.93	23.14	99.97
		2	46.37	-1.67	23.36	23.42	94.09
		3	46.98	-2.1	24.37	24.58	94.91
		4	43.13	-2.29	23.91	24.02	95.47
ที่มีมืด	4	0	41.07	-4.69	26.71	27.13	99.97
		1	39.59	-2.12	22.75	22.85	95.33
		2	40.99	-2.56	22.78	22.92	96.42
		3	44.69	-1.25	25.08	25.36	98.45
		4	43.98	-0.77	22.42	22.43	92.95

ตาราง 4.80 แสดงค่า  $L^*$  (ความสว่าง),  $a^*$  (เฉดสีแดง-เขียว),  $b^*$  (เฉดสีน้ำเงิน-เหลือง),  $C^*$  (ความเข้มสี) และ  $h^\circ$  (ค่ามุมของสี) ของสารสกัดดอกโสนจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อิทธิพลต่อ	pH	เวลา (สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^*$	$a^*$	$b^*$	$C^*$	$h^\circ$
ที่มีแสง	1	0	44.43	-0.36	1.99	2.02	99.86
		1	45.08	-0.54	1.8	1.88	106.92
		2	44.94	-0.61	2.13	2.16	106.02
		3	46.75	-0.82	2.38	2.52	108.97
		4	46.75	-0.89	2.88	3.01	107.17
ที่มีมืด	1	0	44.43	-0.36	1.99	1.92	99.86
		1	44.56	-0.15	1.98	2.02	102.17
		2	46.55	-0.67	1.96	2.07	108.78
		3	45.79	-0.87	2.52	2.67	109.09
		4	48.3	-1.12	3.64	3.8	107.08

ตาราง 4.81 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกอัญชันจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
ที่มีแสง	2	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.02	0.97	0.99	0.91	
		2	1.07	1.00	1.76	1.36	
		3	1.09	1.06	2.45	4.47	
		4	1.17	1.10	2.55	4.52	
	3	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.04	1.00	1.08	1.86	
		2	1.12	1.07	0.64	2.37	
		3	1.45	0.99	-0.19	5.67	
		4	1.73	0.69	-0.47	8.13	
	ที่มีด	2	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	1.01	0.97	1.29	0.84
			2	1.02	0.97	1.47	2.30
			3	1.08	1.10	2.54	3.97
4			1.12	1.05	2.54	5.91	
3		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.00	0.92	0.81	0.96	
		2	1.05	1.06	0.69	3.59	
		3	1.09	1.22	0.40	11.89	
		4	1.28	1.18	0.21	18.68	

ตาราง 4.82 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดผลผักปลังจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
ที่มีแสง	4	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.51	0.29	1.18	18.47	
		2	1.56	0.11	1.17	21.52	
		3	1.62	0.06	1.15	23.16	
		4	1.68	0.04	1.09	24.32	
	5	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.30	0.32	1.09	16.61	
		2	1.33	0.13	1.06	20.52	
		3	1.37	0.10	1.17	21.33	
		4	1.36	0.09	1.10	22.21	
	ที่มีมืด	4	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	1.39	0.32	1.25	20.75
			2	1.43	0.20	1.38	24.72
			3	1.49	0.16	1.44	26.41
4			1.54	0.13	1.35	27.58	
5		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.24	0.32	1.09	17.17	
		2	1.30	0.16	1.16	21.35	
		3	1.32	0.13	1.22	22.57	
		4	1.38	0.12	1.26	22.70	

ตาราง 4.83 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดผลพลทิ้งจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี			
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD
ที่มีแสง	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.02	0.83	0.86	2.74
		2	1.07	0.73	0.83	2.94
		3	1.35	0.19	0.56	6.12
		4	1.27	0.38	0.71	5.85
	5	0	1.00	1.00	1.00	0
	1	1.06	0.79	0.88	0.60	
	2	1.31	0.31	0.64	8.01	
	3	1.48	0.10	0.49	12.10	
	4	1.35	0.19	0.55	14.88	
ที่มีมืด	5	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.08	0.76	0.97	1.77
		2	1.09	0.71	0.95	2.97
		3	1.20	0.61	0.99	11.83
		4	1.19	0.72	1.05	8.95
	7	0	1.00	1.00	1.00	0
	1	1.01	1.03	0.95	2.39	
	2	1.24	0.40	0.75	10.37	
	3	1.36	0.21	0.62	16.01	
	4	1.46	0.17	0.59	11.96	

ตาราง 4.84 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดผลหม่อนจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
ที่มีแสง	1	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.02	0.96	1.01	0.76	
		2	1.04	0.94	1.03	1.42	
		3	1.06	0.96	1.13	2.61	
		4	1.08	0.93	1.13	3.21	
	2	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.03	0.94	1.00	0.92	
		2	1.05	0.91	1.02	4.84	
		3	1.16	0.95	1.14	6.08	
		4	1.23	0.81	1.01	6.43	
	ที่มีมืด	1	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	1.02	0.98	1.02	1.13
			2	1.02	0.94	1.01	1.82
			3	1.05	1.03	1.14	2.67
4			1.08	1.03	1.15	3.25	
2		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.02	0.97	1.02	1.59	
		2	1.13	1.07	1.21	2.45	
		3	1.19	0.98	1.22	4.90	
		4	1.21	0.91	1.11	7.62	

ตาราง 4.85 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดแก่นฝางจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
ที่มีแสง	6	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	0.87	6.62	1.30	43.99	
		2	0.68	0.68	0.71	112.1	
		3	0.86	0.86	1.06	46.27	
		4	0.85	0.85	1.24	40.61	
	9	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	0.93	0.83	0.72	15.42	
		2	0.97	0.78	0.82	5.42	
		3	1.01	0.81	1.02	8.15	
		4	1.11	0.84	1.23	14.31	
	ที่มีด	6	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	0.89	6.63	1.38	55.63
			2	0.87	7.10	1.31	44.08
			3	0.88	8.11	1.40	58.29
4			0.89	8.32	1.38	51.9	
9		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	0.95	0.91	0.78	7.11	
		2	0.91	0.81	0.67	0.53	
		3	0.91	0.78	0.73	1.35	
		4	0.95	0.82	0.79	11.05	

ตาราง 4.86 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเจดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกเฟื่องฟ้าจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี				
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	TCD	
ที่มีแสง	2	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.01	1.50	0.90	0.25	
		2	1.01	1.69	1.07	1.69	
		3	1.05	2.28	1.20	0.13	
		4	1.15	2.47	1.45	3.35	
	4	0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.04	0.25	0.53	3.67	
		2	1.06	0.25	0.48	0.85	
		3	1.08	0.16	0.45	0.5	
		4	1.10	0.29	0.45	11.37	
	ที่มีด	2	0	1.00	1.00	1.00	0
			1	1.00	0.42	0.99	0.03
			2	1.05	1.86	0.98	2.3
			3	1.03	2.42	1.27	1.2
4			1.09	3.11	1.83	9.14	
4		0	1.00	1.00	1.00	0	
		1	1.03	0.03	1.09	1.83	
		2	1.07	0.30	0.88	6.05	
		3	1.15	0.38	0.84	21.43	
		4	1.12	0.33	0.82	14.86	

ตาราง 4.87 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกทองกวาวจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี			TCD
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	
ที่มีแสง	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.18	0.06	0.70	39.71
		2	1.06	0.10	0.50	41.91
		3	1.26	0.11	0.43	50.94
		4	1.21	0.10	0.45	80.47
ที่มีมืด	4	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.19	0.12	0.71	39.71
		2	1.17	0.12	0.53	41.91
		3	1.21	0.12	0.50	50.94
		4	1.29	0.14	0.47	80.47

ตาราง 4.88 แสดงค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงค่าสี และค่า TCD หรือค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีทั้งหมด ของ สารสกัดดอกโสนจากการเก็บไว้ในที่มีแสงและไม่มีแสง ที่ 0, 1, 2, 3 และ 4 สัปดาห์

อุณหภูมิ (C°)	pH	เวลา(สัปดาห์)	ค่าสี			TCD
			$L^n$	$a^n$	$b^n$	
ที่มีแสง	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	1.01	0.66	0.86	12.24
		2	1.13	0.36	0.87	9.99
		3	1.14	0.45	0.91	13.80
		4	1.05	0.49	0.90	21.12
ที่มีมืด	1	0	1.00	1.00	1.00	0
		1	0.96	0.45	0.85	12.24
		2	1.00	0.55	0.85	9.99
		3	1.09	0.27	0.94	13.80
		4	1.07	0.16	0.84	21.12

จากการศึกษาอิทธิพลของแสงต่อสารสกัดสี พบว่าที่สารสกัดพืชทั้ง 8 ชนิด แม้ว่าเก็บไว้ในที่มีมืดหรือว่าที่สว่างค่าสัดส่วนค่าสี และค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีก็ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก แต่ในส่วนของอัญชันที่ pH 3 ค่าสัดส่วนของค่าเฉดสีของตัวอย่างที่เก็บไว้ในที่มีแสงสว่าง พบว่าค่าสัดส่วนของเฉดสี ( $h^o$ ) ลดลง อีกทั้งยังมีผลต่อค่าความสว่าง ( $L^*$ ) ของสารสกัดสีในอัญชัน และพื้งกาสามีค่าความสว่างของสีลดลง เนื่องจากแสงมีอิทธิพลต่อพืชที่มีสารประกอบแอนโทไซยานิน พบว่าแสงจะไปทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของแอนโทไซยานินไปเป็น chalcone หรือแตกไปเป็นโมเลกุลที่เล็กลง ทำให้สีซีดลง [67]

#### 4.6 การศึกษาความคิดเห็นของผู้บริโภคต่อความต้องการใช้สารสีผสมอาหารจากธรรมชาติและพฤติกรรมในการใช้สีผสมอาหาร

จากการศึกษาพฤติกรรมจากกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งได้คัดเลือกกลุ่มเป้าหมาย โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) จากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไป จำนวน 30 คน สอบถามข้อมูลเกี่ยวกับ

- 1) ลักษณะทางประชากรศาสตร์
- 2) พฤติกรรมการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร
- 3) ความคิดเห็นต่อการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

##### 4.6.1 การสำรวจลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากการสำรวจผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหารลักษณะทางประชากร ดังแสดงในตาราง 4.89 พบว่าผู้บริโภคที่สำรวจเป็นหญิงและชายในอัตราส่วนเท่ากัน อยู่ในช่วงอายุ 21- 30 ปี ระดับการศึกษา สูงกว่าปริญญาตรี และมีรายได้ต่อเดือนน้อยกว่า 5,000 และผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีความเกี่ยวข้องเป็นผู้ใช้สารสี

ตาราง 4.89 ลักษณะทางประชากรศาสตร์ของผู้ตอบแบบสอบถามของกลุ่มผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

	ลักษณะทางประชากร	ร้อยละ
		ผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร
เพศ	หญิง	50.00
	ชาย	50.00
อายุ	น้อยกว่า 20 ปี	7.10
	21 - 30 ปี	39.20
	31 - 45 ปี	28.60
	มากกว่า 45 ปี	25.00
	ระดับการศึกษา	น้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา
	มัธยมศึกษาตอนต้น	10.70
	มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	14.30
	ปริญญาตรี	21.40
	สูงกว่าปริญญาตรี	28.60
รายได้ต่อเดือน	น้อยกว่า 5,000 บาท	32.10
	5,001 - 10,000 บาท	28.60
	10,001- 15,000 บาท	21.40
	15,001- 20,000 บาท	10.70
	สูงกว่า 20,000 บาท	10.70
มีความเกี่ยวข้องเป็น	ผู้ใช้สารสี	78.60
	ผู้จำหน่ายสีผสมอาหารผสมอาหาร	21.40

#### 4.6.2 การสำรวจพฤติกรรมการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

จากการสำรวจพฤติกรรมการใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหารของผู้บริโภคสารสีผสมอาหาร (ตาราง 4.90) พบว่า ประเภทสารสีที่มีการใช้ ผลิต หรือจำหน่าย เป็นสารสีธรรมชาติ รองลงมาสารสีประเภทสีสังเคราะห์ โดยประเภทสีสังเคราะห์ที่มีการใช้มากที่สุด ได้แก่ ประเภทสีแดง (จาก ปองโซ 4 อาร์ คาร์โมอีซิน อมาแรนธ์ และเอริโธรซิน) รองลงมาเป็นสีเขียว (จากฟาสต์กรีน เอ็ฟซีเอ็ฟ) ประเภทสีธรรมชาติที่มีการใช้มากที่สุด ได้แก่ ประเภทสีเขียว (จากไบเตย และไบเตยไคร้) รองลงมาเป็นสีแดง (จากกระเจี๊ยบแดง พริก มะเขือเทศสุก ฝรั่ง และหัวบีท) และประเภทสีอนินทรีย์ที่มีการใช้คือสีดำจากคาร์บอนแบล็คคิดเป็นร้อยละ 3.6 สารสีที่มีการใช้ ส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบของผงละเอียดใช้โดยละลายน้ำ รองลงมาอยู่ในรูปแบบของเหลว ประเภทอาหารที่มีการใช้สารสีผสมอาหารมากที่สุด อาหารที่มีความ เป็นกรดต่ำ (pH มากกว่า 5.3) ได้แก่ ผลิตภัณฑ์นม เช่น นมรสตรอเบอร์รี่ นมรสไบเตย เนย และ ไอศกรีมนม ผลิตภัณฑ์ประเภทผงทำอาหาร เช่น ผงสังขยา ผงหมูแดง และผงวุ้น ผลิตภัณฑ์ขนมอบ เช่น เค้ก ขนมปัง ผลิตภัณฑ์ขนมไทย เช่น ลูกชุบ ขนมชั้น บัวลอย ถ้วยฟู ปุยฝ้าย ผลิตภัณฑ์ขนมี่ เส้นก๋วยเตี๋ยว เส้นพาสต้า แผ่นก๊วย ผลิตภัณฑ์อาหารคาว เช่น ซุปไก่สกัด สถานที่ที่ซื้อสารสีผสมอาหารมากที่สุด คือ ร้านค้าปลีก ตลาดสด

ตาราง 4.90 พฤติกรรมการใช้สารสีผสมอาหารของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

ปัจจัย	ร้อยละ
<b>สารสีผสมอาหารที่ใช้</b>	
สีสังเคราะห์	64.30
ประเภทสีเหลือง	39.30
ประเภทสีแดง	53.60
ประเภทสีเขียว	42.90
ประเภทสีน้ำเงิน	14.30
สีอนินทรีย์	3.60
คาร์บอนแบล็ค	3.60
<b>สีธรรมชาติ</b>	75
ประเภทสีแดง	32.10
ประเภทสีเขียว	46.40
ประเภทสีเหลือง	17.90
ประเภทสีน้ำเงิน	25.00
ประเภทสีม่วง	14.30
ประเภทสีส้ม	10.70
ประเภทสีน้ำตาล	3.60
ประเภทสีดำ	3.60

ตาราง 4.90 พฤติกรรมการใช้สารสีผสมอาหารของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร(ต่อ)

ปัจจัย	ร้อยละ
<b>รูปแบบสารสีผสมอาหารที่ใช้</b>	
ผงละเอียด	64.30
ของเหลว	17.90
ของเหลวข้น	10.70
<b>ประเภทอาหารที่ใช้สารสีผสมอาหาร</b>	
อาหารที่เป็นกรดต่ำ	57.10
อาหารที่เป็นกลาง	21.40
อาหารที่เป็นกรด	14.30
อาหารที่เป็นกรดสูง	3.60
<b>สถานที่ซื้อสารสีผสมอาหาร</b>	
ร้านค้าปลีก	28.60
ตลาดสด	28.60
ร้านค้าส่ง	21.40
ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า	17.90
ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป	21.40

#### 4.6.3 ความคิดเห็นต่อการใช้สารสีธรรมชาติ

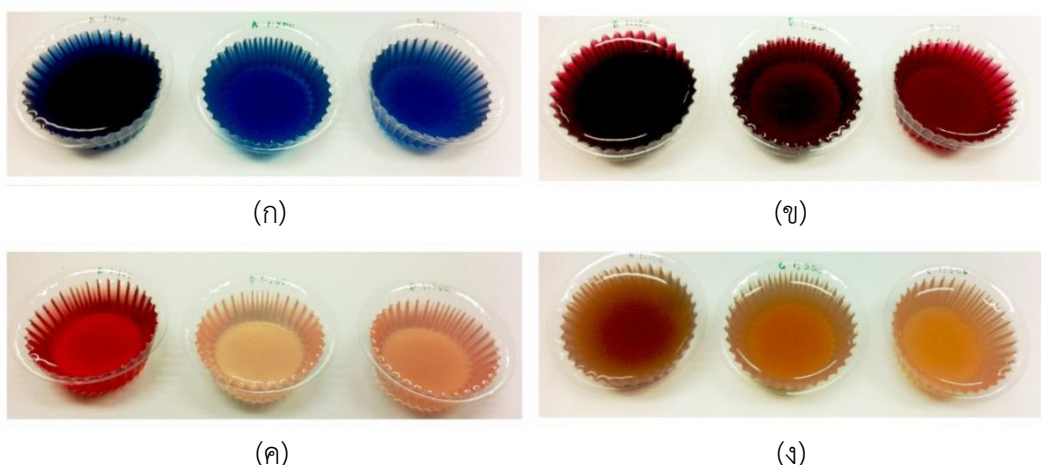
จากการสำรวจความคิดเห็นต่อการใช้สีธรรมชาติของผู้บริโภคสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร (ตาราง 4.91) พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่า มีความเป็นไปได้หากมีการใช้สีธรรมชาติในระดับอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ ส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าระดับความเป็นไปได้อยู่ในระดับสูง เพราะปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มในการทำวิจัยอย่างต่อเนื่องในเรื่องการสกัดสีธรรมชาติมากขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาใส่ใจด้านสุขภาพมากขึ้นโดยเน้นถึงความปลอดภัยในการบริโภคอาหาร และเรียนรู้ในเรื่องอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายตนเองมากขึ้น อีกทั้งเป็นการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อาหารที่ใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่ดีกว่าและราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้สีสังเคราะห์ ผู้บริโภคส่วนใหญ่มีความสนใจที่จะใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติ และเป็นบางส่วน ร้อยละ 10.70 ยังไม่แน่ใจที่จะซื้อโดยเห็นว่าต้องมีราคาไม่แพง เพราะการผลิตอาหารในระดับอุตสาหกรรม จะคำนึงถึงต้นทุนและ ความต้องการของลูกค้า ต้องมีการประกาศรับรองความปลอดภัยจากกระทรวงสาธารณสุขถึงจะกล้านำมาบริโภค

ตาราง 4.91 ความคิดเห็นการใช้สารสีธรรมชาติของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหารในเขตตัวเมืองเชียงใหม่

ปัจจัย	ร้อยละ
<b>ความเป็นไปได้ในการใช้สารสีจากธรรมชาติ</b>	
เป็นไปได้	100.00
<b>ระดับความเป็นไปได้</b>	
สูงมาก	10.70
สูง	60.70
ปานกลาง	28.60
น้อย	7.10
<b>ความสนใจในการใช้สารสีจากธรรมชาติ</b>	
สนใจที่จะใช้	89.30
ไม่แน่ใจ	10.70

#### 4.7 การยอมรับผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์จากวุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากธรรมชาติ

ศึกษาการยอมรับของผู้บริโภคต่อผลิตภัณฑ์วุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากธรรมชาติ ซึ่งได้คัดเลือกกลุ่มเป้าหมาย โดยวิธีสุ่มตัวอย่างแบบง่าย (Simple Random Sampling) จากกลุ่มผู้บริโภคทั่วไปจำนวน 30 คน ศึกษาการยอมรับวุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากธรรมชาติโดยวิธีใช้แบบสอบถาม โดยสอบถามผู้ใช้สีผสมอาหาร เพื่อทดสอบ ความพอใจในคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาหารที่ได้จากการใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติ การยอมรับด้านสีของผลิตภัณฑ์อาหาร โดยให้ตัวอย่างวุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากธรรมชาติและแบบสอบถามแก่ผู้ใช้



ภาพ 4.11 ผลิตภัณฑ์วุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากสารสกัด

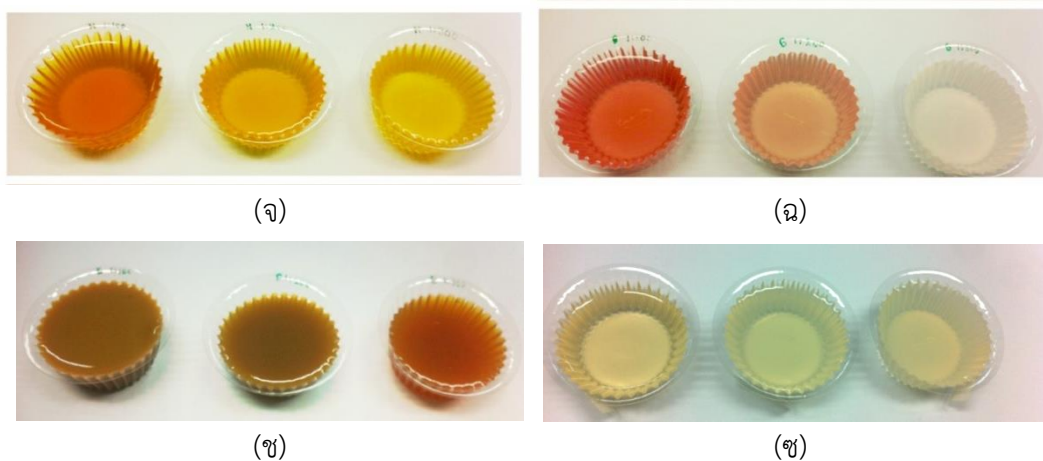
(ก) ดอกอัญชัน

(ข) ผลผักปลัง

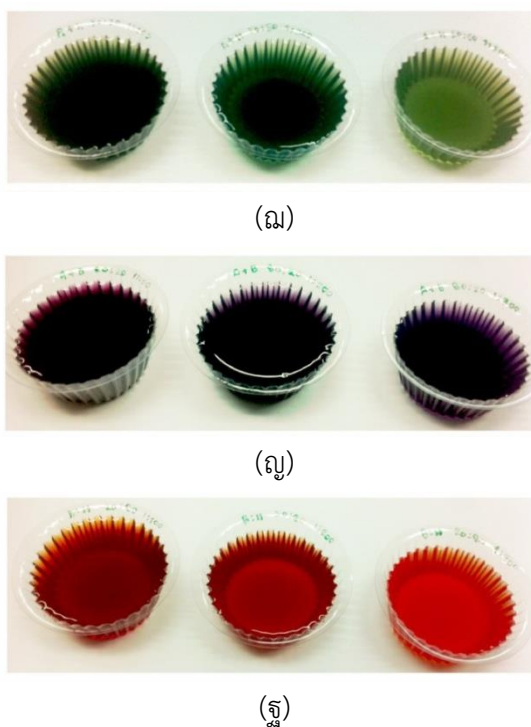
(ค) ผลหม่อน

(ง) ผลพื้งกาสา

ในอัตราส่วนสารสกัดสีต่อน้ำ 1:100 1:200 และ 1:300 จากซ้ายไปขวา



ภาพ 4.12 ผลิตภัณฑ์วุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากสารสกัด  
 (จ) ดอกทองกวาว                      (ฉ) ดอกเฟื่องฟ้า  
 (ช) แก่นฝาง                              (ซ) ดอกโสน  
 ในอัตราส่วนสารสกัดสีต่อน้ำ 1:100 1:200 และ 1:300 จากซ้ายไปขวา



ภาพ 4.13 ผลิตภัณฑ์วุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากการผสมระหว่างสารสกัด  
 (ณ) อัญชันกับสารสกัดดอกทองกวาว  
 (ญ) ดอกอัญชันกับผลผักปลัง  
 (ฐ) ผลผักปลังกับดอกทองกวาว  
 ในอัตราส่วนสารสกัดสีต่อน้ำ 1:100 1:200 และ 1:300 จากซ้ายไปขวา

จากการทดสอบการยอมรับจากผู้บริโภคทั่วไปต่อผลิตภัณฑ์วุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากสารสกัดธรรมชาติ โดยใช้ผู้ทดสอบที่รับวุ้น จำนวน 30 คน ตอบแบบสอบถามดังแสดงในภาคผนวก ข แสดงผลดังตาราง พบว่าลักษณะทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคที่ทดสอบเป็นดังนี้ ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงอยู่ในช่วงอายุ 21-30 ปี มีการศึกษาระดับน้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา มีรายได้ต่อเดือน 5,001-10,000 บาท และผู้ที่ตอบแบบสอบถามมีความเกี่ยวข้องเป็นผู้ใช้สารสีคิดเป็นร้อยละ 73.30 (ตาราง 4.92)

ตาราง 4.92 ข้อมูลทางประชากรศาสตร์ของกลุ่มผู้บริโภคจากการทดสอบผู้บริโภค

	ลักษณะทางประชากร	ร้อยละ
		ผู้ที่เกี่ยวข้องในการใช้สารสีผสมอาหาร
เพศ	หญิง	40.00
	ชาย	60.00
อายุ	น้อยกว่า 20 ปี	6.70
	21 - 30 ปี	40.00
	31 - 45 ปี	23.30
	มากกว่า 45 ปี	30.00
ระดับการศึกษา	น้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา	36.70
	มัธยมศึกษาตอนต้น	6.70
	มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.	13.30
	ปริญญาตรี	20.00
รายได้ต่อเดือน	สูงกว่าปริญญาตรี	23.30
	น้อยกว่า 5,000 บาท	20.00
	5,001 - 10,000 บาท	43.30
	10,001- 15,000 บาท	23.30
	15,001- 20,000 บาท	10.00
มีความเกี่ยวข้องเป็น	สูงกว่า 20,000 บาท	6.70
	ผู้ใช้สารสี	73.30
	ผู้จำหน่ายสีผสมอาหารผสมอาหาร	26.70

จากการทดสอบความชอบของผู้บริโภคในคุณลักษณะต่างๆ ทางด้านสี โดยไม่คำนึงถึงรสชาติ ของ วุ้นจากการแต่งสีด้วยสีผสมอาหารจากธรรมชาติ โดยการให้คะแนนความชอบปัจจัยคุณภาพ 3 ประการ คือ ลักษณะสีของผลิตภัณฑ์ ความเป็นเนื้อเดียวกันของสีกับตัวผลิตภัณฑ์ และความชอบรวมพบว่าผู้บริโภค ทั่วไปให้คะแนนความชอบเฉลี่ย ด้านสี ความเป็นเนื้อเดียวกันและความชอบรวม ของวุ้นจากการแต่งสีด้วย สีผสมอาหารจากธรรมชาติ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ให้ความเห็นว่าชอบถึงชอบมาก ทั้งสีจากการสกัดจากดอก อัญชัน ผลผักปลัง ผลหม่อน ดอกเฟื่องฟ้า และดอกทองกวาว ซึ่งผู้บริโภคให้ความคิดเห็นว่าสีผสมอาหารที่ ได้จากธรรมชาติดูแล้วน่ารับประทาน เช่นสีของอัญชันและผลผักปลัง มีสีที่เข้มและสวยงามเทียบเท่าได้กับสี ผสมอาหารที่ได้จากการสังเคราะห์ ส่วนสีที่ได้จากสารสกัด แก่นฝาง และผลพิลังกาสา ผู้บริโภครู้สึกไม่ชอบ ถึงเฉยๆซึ่งผู้บริโภคให้ความคิดเห็นว่าควรปรับปรุงสีของฝางและพิลังกาสาให้มีความสวยงามกว่านี้ ส่วนสีที่ ได้จากการผสมระหว่างพืชที่ให้แม่สีคือ สีน้ำเงินที่ได้จากสารสกัดดอกอัญชัน สีแดงที่ได้จากสารสกัดผล ผักปลัง และสีเหลืองที่ได้จากสารสกัดดอกทองกวาว โดยทำการผสมระหว่าง สารสกัดดอกอัญชันกับผล ผักปลังจะให้สีม่วง สารสกัดดอกอัญชันกับทองกวาวจะให้สีเขียว และผลผักปลังกับดอกทองกวาวให้สีแดง หรือส้ม ซึ่งผู้บริโภคให้ความเห็นว่า ชอบถึงชอบมาก และให้ความเห็นว่าสีที่ได้สวย และดูน่ารับประทาน (ตาราง 4.93) และในส่วนของอัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ผู้บริโภคพึงพอใจพบว่าวุ้นที่ ย้อมด้วยสารสกัดจากอัญชัน ผลผักปลัง และการผสมกันระหว่างสารสกัดดอกอัญชันกับผลผักปลัง ผู้บริโภค ส่วนใหญ่พึงพอใจในอัตราส่วน 1:300 ส่วนวุ้นที่ย้อมด้วยสารสกัดจากผลหม่อนและดอกเฟื่องฟ้า ผู้บริโภค ส่วนใหญ่ชอบอัตราส่วน 1:100 เพราะให้สีที่สวยงามน่ารับประทาน และส่วนใหญ่ผู้บริโภคให้ความเห็นว่า อัตราส่วนของสีผสมอาหารกับน้ำขึ้นอยู่กับความชอบของส่วนบุคคลในการเติมลงสีผสมอาหารลงใน ผลิตภัณฑ์ (ตาราง 4.94)

ตาราง 4.93 ผลการทดสอบความชอบของผู้บริโภคจำนวน 30 คนต่อผลิตภัณฑ์

ตัวอย่าง	ลักษณะ	ร้อยละ			
		ไม่ชอบ	เฉยๆ	ชอบ	ชอบมาก
ดอกอัญชัน	สี	0	3.3	53.3	43.3
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	0	6.7	70	23.3
	ความชอบโดยรวม	0	0	73.3	26.7
ผลผักปลัง	สี	3.3	6.7	43.3	46.7
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	0	13.3	60	26.7
	ความชอบโดยรวม	3.3	0	66.7	26.7
ผลพิลังกาสา	สี	36.7	36.7	26.7	0
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	13.3	56.7	30	0
	ความชอบโดยรวม	13.3	60	26.7	0
ผลหม่อน	สี	0	16.7	76.7	6.7
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	0	13.3	86.7	0
	ความชอบโดยรวม	0	6.7	93.3	0
แก่นฝาง	สี	16.7	53.3	30	0
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	3.3	56.7	40	0
	ความชอบโดยรวม	3.3	53.3	43.3	0
ดอกเฟื่องฟ้า	สี	0	50	40	10
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	0	36.7	56.7	6.7
	ความชอบโดยรวม	0	50	40	10
ดอกทองกวาว	สี	0	0	63.7	36.7
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	0	6.7	70	23.3
	ความชอบโดยรวม	0	6.7	63.3	30
ดอกโสน	สี	3.3	56.7	40	0
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	3.3	53.3	43.3	0
	ความชอบโดยรวม	3.3	53.3	43.3	0
ดอกอัญชันกับ ผลผักปลัง	สี	6.70	0	50.00	43.30
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	3.30	3.30	66.70	26.70
	ความชอบโดยรวม	3.30	3.30	70.00	23.30
ดอกอัญชันกับ ดอกทองกวาว	สี	6.70	0	56.70	36.70
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	3.30	3.30	70.00	23.30
	ความชอบโดยรวม	3.30	3.30	70.00	23.30
ผลผักปลังกับ ดอกทองกวาว	สี	3.30	3.30	53.30	36.70
	ความเป็นเนื้อเดียวกันของผลิตภัณฑ์	3.30	6.70	63.30	23.30
	ความชอบโดยรวม	3.30	6.70	60.00	26.70

ตาราง 4.94 ผลของอัตราส่วนของสีผสมอาหารจากธรรมชาติในการละลายน้ำที่ผู้บริโภคพึงพอใจ

ตัวอย่าง	ร้อยละ		
	1:100	1:200	1:300
ดอกอัญชัน	30.00	43.30	26.70
ผลผักปลัง	3.30	43.30	53.30
ผลพริกกาสา	13.30	56.70	26.70
ผลหม่อน	76.70	23.30	0
แก่นฝาง	6.70	3.30	86.70
ดอกเฟื่องฟ้า	70.00	23.30	6.70
ดอกทองกวาว	13.30	33.30	53.30
ดอกโสน	70.00	23.30	6.70
ดอกอัญชันกับผลผักปลัง	0	33.30	70.00
ดอกอัญชันกับดอกทองกวาว	3.30	63.30	40.00
ผลผักปลังกับดอกทองกวาว	10.00	40.00	46.70

ตาราง 4.95 แสดงความคิดเห็นของผู้บริโภคและความต้องการสีและรูปแบบของผลิตภัณฑ์สีผสมอาหารจากธรรมชาติ

ความคิดเห็นของผู้บริโภค	ร้อยละ
การยอมรับ	
ยอมรับสีผสมอาหารจากธรรมชาติ	100.00
ไม่ยอมรับสีผสมอาหารจากธรรมชาติ	0
สีธรรมชาติที่ต้องการใช้	
สีแดง	60.00
สีเหลือง	50.00
สีม่วง	67.00
สีเขียว	50.00
สีน้ำเงิน	40.00
สีน้ำตาล	27.00
สีดำ	20.00
สีส้ม	50.00
รูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการใช้งาน	
ผงละเอียด	50.00
ของเหลว	7.00
ของเหลวข้น	17.00
แบบถุงชา	30.00

ผู้ประกอบการส่วนใหญ่ยอมรับผลิตภัณฑ์สีผสมอาหารจากธรรมชาติ เพราะการใช้สีธรรมชาติทำให้มีความปลอดภัยในการบริโภค และเป็นการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้สารสีธรรมชาติให้อยู่ในระดับสินค้าที่มีคุณภาพสูงและมีความต้องการสีม่วงที่ได้จากธรรมชาติมากที่สุดร้อยละ 67.00 รองลงมาคือสีแดงร้อยละ 60.00 ส่วนผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมในการใช้งานที่ผู้ประกอบการคิดว่าสะดวกในการใช้คือ ผงละเอียด ร้อยละ 50.00 รองลงมาคือ แบบถุงชาร้อยละ 30.00 (ตาราง 4.95)

#### 4.8 ศึกษาผลของโคโตซานในการใช้เป็นสารที่ให้ความคงทนในสีผสมอาหารจากธรรมชาติ

การศึกษาคผลของโคโตซานแสดงดังภาพ 4.14 พบว่า เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีหลังจากเติมโคโตซานไปแล้วเป็นเวลา 3 วัน พบว่าสีของตัวอย่างเริ่มมีการเปลี่ยนแปลงโดยสีมีลักษณะจางลง เมื่อเติมสารละลายโคโตซานที่ความเข้มข้น 0.03 0.05 และ 0.07% และเมื่อครบ 7 วัน พบว่ามีตะกอนเกิดขึ้น ทั้งนี้โคโตซานอาจไปทำปฏิกิริยากับสีทำให้เกิดการจับตัวตกเป็นตะกอนและสีมีความเข้มลดลง อย่างไรก็ตามเมื่อวางไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 7 วันไม่สังเกตเห็นเชื้อราทั้งในสารละลายที่เติมและไม่เติมสารละลายโคโตซานลงไปทั้งหมดที่ทุกความเข้มข้น ดังนั้นสารละลายโคโตซานจึงไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นสารที่ให้ความคงทนของสีธรรมชาติในการทดลองนี้



ภาพ 4.14 การศึกษาผลของโคโตซานในการใช้เป็นสารที่ให้ความคงทนในสีผสมอาหารจากธรรมชาติ

(ก) อัญชันวันแรก (ข) อัญชันวันที่ 7

(ค) ผักปลั่งวันแรก (ง) ผักปลั่งวันที่ 7

ที่ความเข้มข้น 0 0.03 0.05 0.07 จากซ้ายไปขวา



(จ)

(ฉ)



(ช)

(ซ)



(ณ)

(ญ)

ภาพ 4.14 การศึกษาผลของโคโตซานในการใช้เป็นสารที่ให้ความคงทนในสีผสมอาหารจากธรรมชาติ (ต่อ)

(จ) พิลังกาสาวันแรก (ฉ) พิลังกาสาวันที่ 7

(ช) หม่อนวันแรก (ซ) หม่อนวันที่ 7

(ณ) แก่นฝางวันแรก (ญ) แก่นฝางวันที่ 7

ที่ความเข้มข้น 0 0.03 0.05 0.07 จากซ้ายไปขวา



(ก)

(ข)



(ค)

(ด)



(e)

(f)

ภาพ 4.14 การศึกษาผลของไคโตซานในการใช้เป็นสารที่ให้ความคงทนในสีผสมอาหารจากธรรมชาติ(ต่อ)

(ก) เฟื่องฟ้าวันแรก

(ข) เฟื่องฟ้าวันที่ 7

(ค) ทองกวาววันแรก

(ด) ทองกวาววันที่ 7

(e) โสนวันแรก

(f) โสนวันที่ 7

ที่ความเข้มข้น 0.03 0.05 0.07 จากซ้ายไปขวา

## บทที่ 5

### สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการทดลองเพื่อพัฒนาสีผสมอาหารจากพืชธรรมชาติทั้ง 8 ชนิดได้แก่ ดอกอัญชัญ ผลผักปลัง ผลหม่อน ดอกเฟื่องฟ้า ผลพื้งกาสา แก่นฝาง ดอกทองกวาว และ ดอกโสน สามารถสรุปได้ดังนี้

1. จากการสกัดพืชตัวอย่างพบว่า พืชที่ให้สีน้ำเงินได้แก่ ดอกอัญชัญ สีแดงได้แก่ ผลผักปลัง ผลหม่อน และดอกเฟื่องฟ้า สีน้ำตาลได้แก่ ผลพื้งกาสา และแก่นฝาง และสีเหลืองได้แก่ดอกทองกวาว และ ดอกโสน ส่วนสารผสมผลผักปลังกับดอกทองกวาวให้สีเขียว สารผสมดอกอัญชัญกับผลผักปลังให้สีม่วง สารผสมดอกอัญชัญกับดอกทองกวาวให้สีแดง
2. แก่นฝางก็มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงสุด ซึ่งมีค่า 178.71 มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือผลพื้งกาสา ผลผักปลัง ดอกเฟื่องฟ้า ผลหม่อน ดอกอัญชัญ ดอกทองกวาว และดอกโสนตามลำดับ และในส่วนของสารผสมระหว่างสารสกัดพบว่า สารผสมผลผักปลังกับดอกทองกวาวมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงสุด ซึ่งมีค่า 25.57 มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง รองลงมาคือ สารผสมดอกอัญชัญกับผลผักปลัง และสารผสมดอกอัญชัญกับดอกทองกวาว ตามลำดับ
3. การศึกษาความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH และ ABTS พบว่าแก่นฝางมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH และ ABTS สูงสุด ซึ่งมีค่า  $IC_{50}$  เท่ากับ 45.52 และ 18.47 มิลลิกรัมต่อลิตรตามลำดับ รองลงมาคือพื้งกาสา ดอกเฟื่องฟ้า ดอกทองกวาว ผลผักปลัง ผลหม่อน ดอกโสน และดอกอัญชัญตามลำดับ
4. ความเป็นกรด-ด่าง มีอิทธิพลต่อค่าสีของสารสี สารสกัดจากพืชส่วนใหญ่ เช่น อัญชัญ ผลผักปลัง พื้งกาสา หม่อน และเฟื่องฟ้า ส่วนมากจะคงตัวเมื่ออยู่ในสภาวะที่เป็นกรด
5. สารละลายสีที่ไม่ผ่านการให้ความร้อนมีความคงตัวสูงที่สุด และมีความคงตัวต่อความร้อนระดับพาสเจอร์ไรซ์ได้ดีกว่าระดับสเตอริไรซ์ กล่าวว่สารละลายสีธรรมชาติจะมีความคงตัวที่อุณหภูมิต่ำ คือ ไม่ผ่านการให้ความร้อน ซึ่งการสลายทางความร้อน (thermal degradation) มีผลต่อความเสถียรของสารสี คือ เมื่ออุณหภูมิเพิ่ม ความเสถียรของรงควัตถุต่างๆ ในอาหารจะลดลง
6. แสงจากการศึกษาอิทธิพลของแสงต่อสารสกัดสี พบว่าที่สารสกัดพืชทั้ง 8 ชนิด แม้ว่าเก็บไว้ในที่มืดหรือว่าที่สว่างค่าสีส่วนค่าสี และค่าการเปลี่ยนแปลงเฉดสีก็ไม่ได้แตกต่างกันมากนัก
7. จากการสำรวจความคิดเห็นต่อการใช้สีธรรมชาติของผู้บริโภคสีผสมอาหารในผลิตภัณฑ์อาหาร พบว่าผู้ตอบแบบสอบถามเห็นว่า มีความเป็นไปได้หากมีการใช้สีธรรมชาติในระดับอุตสาหกรรม เพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ ส่วนใหญ่ให้ความคิดเห็นว่าระดับความเป็นไปได้อยู่ในระดับสูง เพราะปัจจุบันประเทศไทยมีแนวโน้มในการทำวิจัยอย่างต่อเนื่องในเรื่องการสกัดสีธรรมชาติมากขึ้น นอกจากนี้ผู้บริโภคส่วนใหญ่หันมาใส่ใจด้านสุขภาพมากขึ้นโดยเน้นถึงความปลอดภัยในการบริโภค

อาหารและเรียนรู้ในเรื่องอาหารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายตนเองมากขึ้น อีกทั้งเป็นการยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อาหารที่ใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติให้ผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับที่ดีกว่าและราคาสูงกว่าผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้สีสังเคราะห์

8. การศึกษาคุณสมบัติ และการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์ ผู้บริโภคส่วนใหญ่ชอบและยอมรับผลิตภัณฑ์สีผสมอาหารจากธรรมชาติ เพราะการใช้สีธรรมชาติทำให้มีความปลอดภัยในการบริโภค และเป็น การยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์อาหารที่ใช้สารสีธรรมชาติให้อยู่ในระดับสินค้าที่มีคุณภาพสูง
9. การศึกษาการเพิ่มความคงทนของสีธรรมชาติโดยใช้สารละลายโคโคซานที่ความเข้มข้นต่างๆ พบว่า สารละลายโคโคซานไม่สามารถเพิ่มความคงทนให้กับสีได้ แต่มีผลทำให้สีมีความเข้มลดลง

## บรรณานุกรม

- 1.ศิวาพร ศิวเวช. “วัตถุดิบอาหาร 2”. ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 2529.
- 2.Hendry, B.S. 1996. Natural Food Colours, *In* G.A.F. Hendry and J.D. Houghton. 2<sup>nd</sup> ed. Natural Food Colorants. Blackie, Glasgow. 40-117.
- 3.Noonan, J. 1975. Color Additive in Food, *In* Thomas E. Furia (ed.). CRC Handbook of Food Additives. 2<sup>nd</sup> ed., Chemical Rubber Company, Cleveland, Ohio. 112-113.
- 4.Francisco Delgado-Vargas and Octavio Paredes-Lopez. 2003. Natural Colorants for Food and Nutraceutical Uses. CRC Press, Boca Raton, New York.
- 5.Francis, F.J. 2002. Food coloring *In* Douglas B. MacDougall (ed). Colour in food. CRC Press, NewYork. 298-313.
- 6.เปล่งศักดิ์ ภู่อจจร 2543. การสกัดสีจากผักปลิงเพื่อพัฒนาเป็นสีผสมอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- 7.อุไรวรรณ นิลเพ็ชร์ งานวิจัยด้านพืช ภาควิชากีฏวิทยา คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- 8.Enkhma, Katsube T, Kitajima K, Anuurad E, Yamasaki M and Yamane Y. 2005. "Mulberry (*Morus alba* L.) leaves and their major flavonol quercetin 3-(6-malonylglucoside) attenuate atherosclerotic lesion development in LDL receptor-deficient mice". *Journal of Nutrition*, 135 (4), 729–34.
- 9.Kang, K.A., Lee K.H., Chae S., Zhang R. and Jung M.S. 2005. Cytoprotective effect of tectorigenin, a metabolite formed by transformation of tectoridin by intestinal microflora, on oxidative stress induced by hydrogen peroxide. *European Journal of Pharmacology*, 519, 16-23.
- 10.แหล่งเข้าถึง <http://www.phargarden.com/mainphp?action=viewpage&pid=81>. (Online 1 กันยายน 2556)
- 11.วัชรินทร์ คงวิลาต “คุณค่าของผักพื้นบ้านกับบทบาทอาหารและยาน้ำรู้”. *วารสารจารย์พา* 90 (14) 15-18 (พ.ค.-มิ.ย. 2549)
- 12.<http://www.rspg.or.th/plantdata/herbs/herbs304.htm> (Online 20 กันยายน 2556)

13. นฤพร สุทธิสวัสดิ์. “ฤทธิ์กันเสียของฝาง (*Caesalpinia sappan* L.) ในผลิตภัณฑ์อาหารประเภทน้ำพริก”. วิทยานิพนธ์เภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ. 2549.
14. <http://www.rspg.or.th/plantsdata/kpbotgarden/fuengfa.htm>. (Online 20 กันยายน 2556)
15. Amit Kumar S.N. and Ritesh S.K. 2013. Extraction Optimization and characterization of water soluble red purple pigment from floral bracts of *Bougainvillea glabra*. Arabian. *Journal of Chemistry*, 247-5.
16. <http://www.qsbe.org/Database/plantab/mdp/mdpdetails.asp?id = 641>. (Online 20 กันยายน 2556)
17. Chokchaisiri R. and Suaisom C. 2009. Bioactive Flavonoids of the flower of *Butea monosperma*, *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*, 57(4), 428-432.
18. <http://www.panmai.com/Food/List 02.shtml>. (Online 20 กันยายน 2556)
19. Satnami D.K. and Yadava R.N.. 2012. Natural antioxidant (Flavone glycoside) from *sesbania aculeate* pers. and its potential activity. *International Journal*, 2819-2824.
20. โอภา วัชรระคุปต์. สารต้านอนุมูลอิสระ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : นิเวศมิตรการพิมพ์ 2550.
21. Chan E.W.C., Lim Y.Y and Omar M. 2007. Antioxidant and antibacterial activity of leaves of *Etilingera* species (Zingiberaceae) in Penisular Malaysia. *Food Chemistry*, 104, 1586-1593.
22. Anderson, OM. and Markham KR. 2006. Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications. Boca Raton, Fla. CRC Press / Taylor & Francis, 472-478, 508-515.
23. สัมพันธ์ คัมภีรานนท์. “แอนโทไซยานิน สีส้นเพื่อโลกสวย”. ปีที่ 18, ฉบับที่ 186, หน้า 53-56. กุมภาพันธ์, 2546
24. Kidmose, U., et al. 2002. Colour stability in vegetables. In MacDougall, DB. Colour in food improving quality. Boca Raton, Fla. CRC Press; Cambridge, : Woodhead Pub. 145-150, 179-180, 186-187, 196-197, 217, 248, 265-266, 270-271
25. Mazza, GJ. 2007. Anthocyanins and heart health. *Ann Ist Super Sanita*, 43(4), 369-374.
26. Sikorski, ZE. 2007. Chemical and Functional Properties of Food Components. 2<sup>nd</sup> ed. Boca Raton, Fla. CRC Press, 260-265.

- 27.Gray R. Takeoka and Lan T. Dao. 2002. Anthocyanins *In* W. Jeffrey Hurst,eds. Methods of Analysis for Functional Foods and Nutraceuticals, CRC Press, Washington D.C. 219-221.
- 28.Wrolstad, R.E. 2000. Anthocyanins *In* Gabriel J. Lauro , F. Lack Francis (eds.) Natural Food Colorants. Marcel Dekker, New York. 237-249.
- 29.Mazza G. and Miniati E. 1993. Anthocyanins in Fruits, Vegetables,and Grains. CRC Press, Boca Raton, FL. 249-257.
- 30.Skrede G. and Ronald E. Wrolstad. 2002. Flavonoids from Berries and Grapes. *In* John Shi, G. Mazza and Marc Le Maguer (eds.). Functional Foods Biochemical and Processing Aspects, CRC Press, Boca Raton, New York. 73 – 100.
- 31.Markakis P. 1982. Anthocyanins as food additives, *In* P. Markakis (ed.). Anthocyanin as Food Colors. Academic Press, Inc., New York. 245-253.
- 32.Jackman R.L. and Smith J.L. 1996. Anthocyanins and betalainins, *In* G.A.F. 244-250.
- 33.Cabrita L., Fossen T., and Andersen, P.M. 2000. Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucosides in aqueous solutions. *Food Chemistry*. 68: 101-107.
- 34.Britton G., 1988. The Biochemistry of Natural Pigments, Cambridge. *Cambridge text in chemistry and biochemistry*.
- 35.Castaneda-Ovando A., Pacheco-Hernandez, M.L., Paez-Hernandez, M.E., Rodriguez, J.A., and Galan-Vidal, C.A., 2009. Chemical Studies Anthocyanins: A Review, Mexico. *Food Chemistry*. 113, 859–871.
- 36.Pawlowska, A.M., W. Oleszek and A. Braca. 2008. Quali-Quantitative Analyses of Flavonoids of *Morus nigra* L. and *Morus alba* L. (Moraceae) Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 56: 3377-3380
- 37.Leelahemararana S. and Tongchitpakdee S., 2011. Chemical Composition and Radical Scavenging activity of Mulberry Pomace, Thailand. *Proceedings of 49th Kasetsart University Annual Conference: Agro-Industry* 548-555.

38. Michalczyk M., Macura R. and Matuszak L., 2009. The Effect of Air-Drying, Freeze-Drying and Storage on the Quality and Antioxidant activity of Some Selected Berries. *Journal of Food Processing and Preservation*. 33: 11-21.
39. Arfan M., Khan R., Rybarczyk A. and Amarowicz R., 2012. Antioxidant activity of Mulberry Fruit Extracts, Charsadda. *International Journal of Molecular Sciences* 13, 2472-2480.
40. Pookajorn P., 2000. The Extraction of Food Color from Ceylon Spinach (*Basella alba* L.), Thailand.
- Ozela E., Stringheta P. and Chauca C., 2007. Stability of Anthocyanin in Spinach Vine (*Basella rubra*) Fruits, Brazil. *Cienciae Investigacton Agraria* 34(2), 115-120.
41. Lee P. and Abdullah R., 2011. Thermal Degradation of Blue Anthocyanin Extract of *Clitoria ternatea* Flower, Malaysia. *2nd International Conference on Biotechnology and Food Science IACSIT Press*.
42. Terahara N. and Oda M., 1996. Five New Anthocyanins, Ternatins A3, B4, B3, B2, and D2, from *Clitoria ternatea* Flowers, Japan. *Natural Products*, 59: 139-144.
43. Terahara N., 1998. Eight New Anthocyanins, Ternatins C1-C5 and D3 and Preternatins A3 and C4 from Young *Clitoria ternatea* Flowers, Japan. *Natural Products*, 61: 1361-1367.
44. Nanasombat S., Khanha K., Phan-im J., Jitaied J., Wannasomboon S., Patradisakorn S. and Wongsil A., 2012. Antimicrobial and Antioxidant activities of Thai Local Fruit, Thailand. *Journal of Science and Technology*.
45. Gandia-Herrero, F., Escribano, J. and Garcia-Carmona, F., 2010. Structural Implications on color, fluorescence, and antiradical activity in betalains. *Planta* 232, 449-460.
46. Tangvarasittichai, S., Sriprang, N., Harnroongroj, T. and Changbumrung, S., 2005. Antimutagenic activity of *Sesbania javanica* miq. flower DMSO extract and its major flavonoid, Thailand. *Faculty of Allied Health Science*. 36, 1543-1551.
47. อุทัยวรรณ เลิศศักดิ์ศรีสกุล. “การศึกษาหาสูตรโครงสร้างและฤทธิ์ทางชีวภาพของสารดอก โสนและใบ โสน”. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีศึกษา), มหาวิทยาลัยศิลปกร นครปฐม, หน้า 30-41 2550.

48. Gurav, S.S., Vijay, D.G., Duragkar, N.J. and Patil, A.T., 2008. Antimicrobial activity of *Butea monosperma* Lam. Gum. Iranian. *Journal of Pharmacology and Therapeutics*. 7, 21–24.
49. Chokchaisiri, R., Suaisom, C. and Sriphota, S., 2009. Bioactive flavonoids of the flower of *Butea monosperma*. *Chemical and Pharmaceutical Bulletin*. 57, 428–428.
50. Jassbi, A.R., Singh, P., Krishna, V. and Tahara, S., 2005. Antioxidant study and assignments of NMR spectral data for 3',4',7-trihydroxyflavone 3',7-di-O- $\beta$ -D-glucopyranoside (butrin) and its hydrolyzed product. *Chemistry of natural compound*. 40, 250–255.
51. Hikino, H., Taguchi, T., Fujimura, H. and Hiramatsu, Y., 1977. Antiinflammatory principles of *Caesalpinia sappan* wood and of *Haematoxylon campechianum* wood. *Planta Medica*. 31, 214–220.
52. Xu, H.-X. and Lee, S.F., 2004. The antibacterial principle of *Caesalpinia sappan*. *Phytotherapy Research*. 18, 647–651.
53. Srinivasan, R., Ganapathy selvam, G., Mathivanan, K., Baskaran, R., and Karthik, S., 2012. vitro antimicrobial activity of *Caesalpinia sappan* L, India. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. S136–S139.
54. Gulcin I, Beydemir S, Sat IG, Kufrevioglu Ol., 2005. Evaluation of antioxidant activity of Cornelian Cherry (*Cornus Mas* L.). *Acta Aliment Hung*, 34, 193–202.
55. Blois, M.S., 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, *Nature*, 181, 1199–1200.
56. Arnao, M.B., Cano, A., Acosta, M., 2001. The hydrophilic and lipophilic contribution to total antioxidant activity. *Food Chemistry* 73, 239–244.
57. Qusti SY, Abo-khatwa HN, Bin-Lahwa MA., 2010. Screening of antioxidant activity and phenolic content of selected food items cited in holly quran, 2, 40–51.
58. Hou, W. C., Lee, M. H., Chen, H. J., Liang, W. L., Han, C. H., Liu, Y. W., & Lin, Y. H., 2001. Antioxidant activities of dioscorin, the storage protein of yam (*Dioscorea batatas* Decne) tuber. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49:4956–4960.
59. Re, R., N. Pellegrini, A. Proteggente, A. Pannala, M. Yang and C. Rice-Evans, 1999. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorizing assay. *Free Radical Biology and Medicine*, 26, 1231–1237.

60. Giusti M.M., Wrolstad R.E., 2003. Acylated anthocyanins from edible sources and their applications in food systems. *Biochemical Engineering Journal*, 14, 217–225.
61. Dat N.T, Binh P.T.X, Qoynh L.T.P, Minh C.V, Huong H.T and Lee J.J., 2010. “Cytotoxic Prenylated Flavonoids from *Morus alba*”, 8, 1224-1227. Hutchings, J.B. 1994. Food colour and appearance. Blackie Academic & Professional.
62. York Bondre S., Patil P., Kulkarni A. and Pillai M. M. 2012. Study on isolation and purification of anthocyanins and its application as pH indicator. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research*.
63. Neela Chigurupati, Lani Saiki, Charles Gayser Jr, Alekha K. Dash., 2002. Evaluation of red cabbage dyes as a potential natural color for pharmaceutical use. *International journal of pharmaceutics*, 241, 293-299.
64. Hiemori M., Koh E., and Mitchell, AE. Influence of Cooking on Anthocyanins in Black Rice (*Oryza sativa* L. *japonica* var. SBR). 2009. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57, 1908-1914.
65. Timberlake, C., 1989. Plant pigments for coloring food. *Nutraceuticals*, 14, 113-117.

ภาคผนวก

## ภาคผนวก ก

### วิธีการคำนวณ

#### 1. การคำนวณปริมาณฟีนอลิก

จากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน  $y = 0.011x - 0.0173$

เมื่อ  $y$  คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารมาตรฐานกรดแกลลิก

$x$  คือ ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานกรดแกลลิก

ยกตัวอย่างการคำนวณ

พิลังกาสา มีค่า  $y = 0.5097$  แทนค่าลงในสมการ

$$0.5097 = 0.011x - 0.0173$$

$$x = \frac{0.5097 + 0.0173}{0.011}$$

$$= 47.91 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

1000 มิลลิลิตรมีปริมาณฟีนอลิก 47.91 มิลลิกรัม

$$50 \text{ มิลลิลิตรมีปริมาณฟีนอลิก } \frac{47.91 \times 50.00}{1000} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$= 2.39 \text{ มิลลิกรัม}$$

0.05 กรัม น้ำหนักแห้งของสารสกัดมีปริมาณฟีนอลิกรวม 2.39 มิลลิกรัม

$$1 \text{ กรัม น้ำหนักแห้งของสารสกัดมีปริมาณฟีนอลิกรวม } \frac{1 \times 2.39}{0.05} \text{ มิลลิกรัม}$$

$$= 47.80 \text{ มิลลิกรัมสมมูลของแกลลิกต่อกรัมน้ำหนักแห้ง}$$

#### 2. การคำนวณค่า $IC_{50}$

จากสมการเส้นตรงที่ได้จากกราฟมาตรฐาน  $y = 0.6811x + 4.0003$

เมื่อ  $y$  คือ ค่าการ % การยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH<sup>•</sup> ของสารมาตรฐานวิตามินอี

$x$  คือ ค่าความเข้มข้นของสารมาตรฐานวิตามินอี(มิลลิกรัมต่อลิตร)

ยกตัวอย่างการคำนวณ

พิลังกาสา มีค่า  $y =$  แทนค่าลงในสมการ

$$50 = 0.6811x + 4.0003$$

$$x = \frac{50.00 - 4.0003}{0.6811}$$

$$= 67.54 \text{ มิลลิกรัมต่อลิตร}$$

### 3. การคำนวณปริมาณแอนโทไซยานินรวม

คำนวณหาแอนโทไซยานินรวมจากสูตร

$$\text{Total anthocyanins (mg/L)} = A \times \text{MW} \times \text{DF} \times 1000 / (\epsilon \times l)$$

โดยที่  $A = (A_{\lambda_{\text{max}}} - A_{700})_{\text{pH}1.0} - (A_{\lambda_{\text{max}}} - A_{700})_{\text{pH}4.5}$

MW = molecular weight เท่ากับ 449.2 g/mol cyaniding-3-glucoside

DF = dilution factor

$l = 1$

$\epsilon = 26,900$  molar

ยกตัวอย่างการคำนวณ

อัญชัน  $A = (0.4068 - 0.0230)_{\text{pH}1.0} - (0.3847 - 0.0324)_{\text{pH}4.5}$

$= 0.0315$

แทนค่า  $= 0.0315 \times 449.2 \times 100 \times 1000 / (26,900 \times 1)$

$= 52.60$  มิลลิกรัมต่อลิตร

## ภาคผนวก ข

### 1. Ultraviolet-Visible Spectroscopy

เป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงปริมาณของสารอินทรีย์ ซึ่งในการหาปริมาณสารที่ต้องการจะวิเคราะห์ในตัวอย่างต่างๆ ส่วนมากตัวอย่างจะอยู่ในรูปของสารละลาย โดยมีการเลือกใช้แสงในช่วง Ultraviolet (ความยาวคลื่น 10 – 380 นาโนเมตร) และช่วง Visible (ความยาวคลื่น 380 – 700 นาโนเมตร) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาใช้ในการวิเคราะห์ โดยอาศัยกระบวนการดูดซับและการส่งผ่านของแสง โดยเมื่อแสงผ่านไปยังตัวอย่าง ตัวอย่างจะมีการดูดซับแสงบางส่วนไว้และแสงที่ไม่ถูกดูดซับก็สามารถผ่านตัวอย่างออกไปได้ และข้อมูลที่ได้จากช่วง UV และ Visible นั้นอาจใช้ในการช่วยยืนยันข้อมูลที่ได้จากช่วง Infrared หรือข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอื่น ๆ แต่จะไม่สามารถใช้ระบุชนิดของสารได้อย่างถูกต้องนัก

#### 1.1 องค์ประกอบสำคัญของเครื่อง

1. **Source** หรือแหล่งกำเนิดแสงซึ่งให้กำเนิดแสงในช่วง UV และ Visible โดยแหล่งกำเนิดแสงในช่วง UV ได้แก่ Deuterium หรือ Hydrogen lamps ซึ่งจะให้แสงในช่วง 160 - 375 นาโนเมตร ส่วนแหล่งกำเนิดแสงในช่วง Visible จะนิยมใช้ Tungsten filament lamp หรือ Tungsten/Halogen lamp ซึ่งจะให้แสงในช่วง 350 – 2500 นาโนเมตร

2. **Monochromator (Wavelength Selector)** ทำหน้าที่แยกลำแสงจากแหล่งกำเนิดแสง โดยแสงจะผ่านเข้าที่ Entrance slit และจะถูกแยกด้วย Grating หรือ Prism จากนั้นแสงที่มีความยาวคลื่นหนึ่ง ๆ เท่านั้นจะออกจาก Monochromator โดยผ่านทาง Exit slit

3. **Sample container (Cuvette)** เป็นอุปกรณ์สำหรับใส่ตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ โดยจะต้องมีลักษณะโปร่งแสง วัสดุที่นิยมใช้ได้แก่ Quartz หรือ Fused silica นิยมใช้ในการวิเคราะห์ในช่วง UV และวัสดุที่เป็น Silicate glasses จะนิยมใช้ในการวิเคราะห์ช่วง Visible

4. **Detector** เป็นอุปกรณ์สำหรับตรวจวัดแสงที่ผ่านสารตัวอย่างออกมา โดย Detector ที่ใช้มีหลายชนิดได้แก่

- Photomultiplier tube เป็น Detector ที่ไวต่อแสงทั้งในช่วง UV และ Visible โดยสามารถตรวจวัดได้อย่างรวดเร็ว และตรวจวัดสารที่มีปริมาณต่ำ ๆ ได้ดีในช่วงความยาวคลื่น 190 – 900 นาโนเมตร

- Photodiode array detector เป็น Detector ที่สามารถตรวจวัดในทุกความยาวคลื่นของแสงได้ในเวลาเดียวกัน โดยมีราคาถูกและตรวจวัดได้ตั้งแต่ช่วง 190 – 1100 นาโนเมตร

## 1.2 การเลือกภาชนะใส่สารตัวอย่างในการใช้งาน

ภาชนะใส่สารตัวอย่าง (Sample container) วัสดุที่ห้ามต้องไม่ดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่นที่ใช้งาน ได้แก่

วัสดุจากแก้ว: ใช้งานในช่วงความยาวคลื่น 340-2500 นาโนเมตร

วัสดุจากควอทซ์: ใช้งานในช่วงความยาว คลื่น 180-2500 นาโนเมตร

## 1.3 การดูแลรักษาเครื่องมือเบื้องต้น

3.1 ปลั๊กไฟฟ้าควรต่อสายดิน

3.2 วางเครื่องมือบนโต๊ะปฏิบัติการที่แข็งแรงและไม่มีการสั่นสะเทือน

3.3 กลุ่มเครื่องมือขณะเครื่องมือกำลังทำงาน

3.4 ไม่ควรใช้มือเปล่าจับส่วนของเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับระบบแสง

3.5 ปิด Light source เมื่อไม่มีการใช้งานเป็นเวลานานติดต่อกัน ข้อควรระวังกรณีของ D2 Lamp การเปิด-ปิด บ่อยๆ ทำให้หลอดอายุสั้น



ภาพ ข-3.1 เครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตมิเตอร์

## 2. ทฤษฎีการวัดสี (Color Measurement)

### Colorimetry คืออะไร

Colorimetry คือ เทคนิคการตรวจวัดสารสีที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (visible light) ช่วงความยาวคลื่นที่ใช้ตรวจวัด อยู่ในช่วงของสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงความยาวคลื่นแสง (ประมาณ 350-750 nm) เทคนิคนี้ถูกนำไปประยุกต์ใช้อย่างกว้างขวาง เช่น การใช้งานร่วมกับเทคนิคไตเตรชัน (เช่น potentiometric titration หรือ coulometric titration) หรือการตรวจสอบด้วย probe colorimeter เป็นต้น

สำหรับเทคนิค colorimetry การวัดค่าความเข้มของแสงที่ตกกระทบสารละลายตัวอย่าง (incident light;  $I_0$ ) เทียบกับความเข้มของแสงที่ทะลุผ่านตัวอย่าง ----006-- (transmitted light;  $I$ ) จะได้ค่าการดูดกลืนแสง (absorbance;  $A$ ) หรือค่าการส่องผ่านของแสง (Transmittance;  $T$ ) ที่ความยาวคลื่นใดๆ โดยสามารถคำนวณค่าการดูดกลืนแสงได้ตามสมการต่อไปนี้

$$A = -\log(I/I_0)$$

นอกจากนี้การคำนวณค่าการดูดกลืนแสงต้องอ้างอิงกฎของเบียร์ (Beer's law) ที่ว่า  $A = abc$  เมื่อ  $a$  คือ สัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงของสาร (absorptivity) ที่ความยาวคลื่นต่างกันจะมีค่าสัมประสิทธิ์การดูดกลืนแสงต่างกัน

$b$  คือ ระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ในสารละลายตัวอย่าง (path length)

$c$  คือ ความเข้มข้นของสารวิเคราะห์ตัวอย่าง

สำหรับการวิเคราะห์ตัวอย่างใดๆ ค่า  $a$  และ  $b$  จะต้องคงที่เสมอ จากกฎเกณฑ์นี้ทำให้เราทราบว่าค่าการดูดกลืนแสงของสารขึ้นกับ  $c$  เพียงอย่างเดียว และเมื่อแทนค่าสมการของ Beer's law ลงในสมการการดูดกลืนแสงแล้วจะได้สมการใหม่คือ

$$-\log(I/I_0) = A = abc$$

นอกจากนี้ยังสามารถวัดค่าการส่องผ่านของแสง ได้โดยการเปรียบเทียบความสัมพันธ์ ดังนี้

$$\log(1/T) = A = \log(100/\%T)$$

อย่างไรก็ตามทฤษฎีต่างๆ ย่อมมีข้อยกเว้น ดังนั้นทฤษฎีของ Beer's law ย่อมไม่ถูกต้องเสมอไปกรณีสมการของ Beer's law เปอร์เซ็นต์การส่องผ่าน (percent transmittance) ควรจะอยู่ในช่วง 28-90% หรือค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) อยู่ในช่วง 0.050-0.550 จึงจะให้ผลการตรวจสอบที่ถูกต้องที่สุด

ปัจจัยที่สำคัญในการมองเห็นสี

- แหล่งกำเนิดแสง (light source)
- วัตถุ / ตัวอย่าง (object)
- ผู้สังเกตการณ์ (observer)

### แหล่งกำเนิดแสง

- แหล่งกำเนิดแสงตามธรรมชาติ: แสงสีขาว มีความสว่าง เมื่อส่องแสงผ่าน prism แสงจะกระจายออกมาอยู่ในช่วง visible wavelength (400 - 700 nm)
- แหล่งกำเนิดแสงประดิษฐ์ : ถูกสร้างให้มีอุณหภูมิของสี (Color temperature) ต่างๆ โดยต้องมีแหล่งกำเนิดแสงส่องผ่าน filter ไปยังแหล่งแสงประดิษฐ์ เช่น
  - D65 (Daylight) : ใช้ความเข้มแสงสูงและสม่ำเสมอ มีค่าคงที่ในช่วง 400 -700 nm
  - A (Tungsten) : มีความเข้มแสงน้อย ไม่เหมาะกับตัวอย่างที่เป็นเจดสีน้ำเงินมีค่าคงที่ในช่วง 400-500 nm
  - C (Average Daylight) : ความเข้มแสงเฉลี่ยในช่วงกลางวัน (6.00 - 18.00 น.)

### วัตถุ / ตัวอย่าง

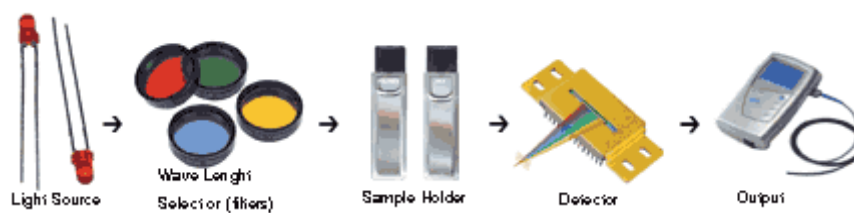
- Specular reflection
  - เกิดการสะท้อนแสงที่พื้นผิวของวัตถุซึ่งจะเกิดกับพื้นผิวที่มีความมัน
- Scattering
  - เกิดการกระจัดกระจายของแสงขึ้นในวัตถุ
- Absorption
  - เกิดการดูดกลืนแสงภายในวัตถุ จะเป็นปรากฏการณ์ที่ทำให้เกิดสี
- Transmission
  - แสงจะส่องผ่านวัตถุที่มีความโปร่งใส จะเกิดกับวัตถุที่มีความโปร่งแสง และโปร่งใส

### ผู้สังเกตการณ์

- ตาคนจะมีอวัยวะที่ด้านหลังของสมองที่ใช้ในการมองเห็น คือ
  - Rod - Night vision
  - Cone - Color vision: แดง เขียว น้ำเงิน

### ส่วนประกอบของเครื่อง Colorimeter

ส่วนประกอบหลักของเครื่อง colorimeter ขึ้นอยู่กับชนิดที่ออกแบบมา แต่โดยทั่วไปแล้วจะเหมือนกัน คือ แหล่งกำเนิดแสง ตัวกรองแสง ตำแหน่งใส่สาร เครื่องตรวจวัด และตัวแสดงผล โดยส่วนประกอบหลักแต่ละส่วนมีหน้าที่ดังนี้



ภาพ ข-3.2 ส่วนประกอบพื้นฐานของ Colorimeter

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) ทำหน้าที่ให้พลังงาน (photon) แก่สารสีตัวอย่าง มีอยู่ด้วยกันหลายชนิด เช่น light emitting diodes (LEDs), lasers, dueterlium lamps, tungsten-halogen lamps เป็นต้น

2. ตัวกรองแสง (wavelength selector หรือ filter) ทำหน้าที่เลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสมกับการดูดกลืนของสารสี สามารถปรับเปลี่ยนได้ตามการใช้งาน เครื่อง colorimeter บางรุ่นมีฟิลเตอร์แบบวงล้อที่สามารถหมุนเปลี่ยนฟิลเตอร์ได้เพื่อให้สามารถเลือกปฏิบัติงานได้อย่างสะดวกสบาย

3. ตำแหน่งใส่สาร (sample holder) ในส่วนนี้เป็นจุดที่แสงผ่าน ดังนั้นต้องเป็นตำแหน่งที่บดแสง เพื่อให้แน่ใจว่าปริมาณแสงที่วัดได้ มาจากแหล่งกำเนิดแสงเท่านั้น และภาชนะที่บรรจุสารตัวอย่าง (plastic, glass, quartz) ไม่ควรมีการดูดกลืนแสงในช่วงของการวิเคราะห์สารตัวอย่าง

4. เครื่องตรวจวัด (detector) ทำหน้าที่วัดพลังงานแสง และแปลงเป็นสัญญาณไฟฟ้า

5. ตัวแสดงผล (output) ทำหน้าที่แปลงค่าสัญญาณไฟฟ้าที่ได้จากเครื่องตรวจวัดและประมวลผลเป็นข้อมูลออกมา

### การรายงานค่าสี

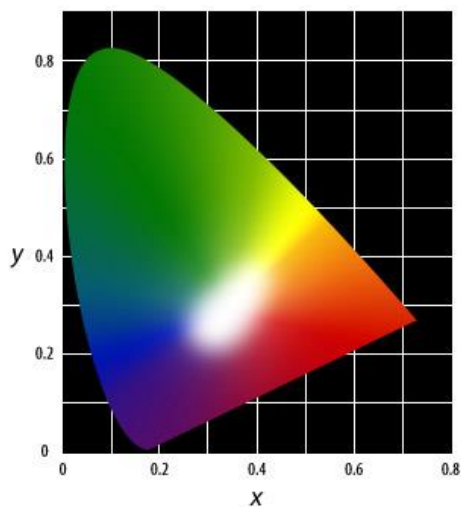
- CIE XYZ
- CIE L\*a\*b\*
- CIE Hunter Lab

### CIE XYZ

• ใช้หลักการนำสี 3 สีในส่วนของสเปกตรัม คือ สีแดง (X) 700 nm สีเขียว (Y) 520 nm และสีน้ำเงิน (Z) 400 nm มาผสมกันในอัตราส่วนที่เหมาะสมแล้วจะได้สีทุกสีที่ต้องการ

- ค่าสีที่อ่านได้เรียกว่า Tristimulus value (X, Y, Z)

- สามารถคำนวณค่าสีของตัวอย่างได้เป็น chromaticity co-ordinates (x, y, z) และรายงานค่าเป็น x y และ Y (ความสว่างของสี)

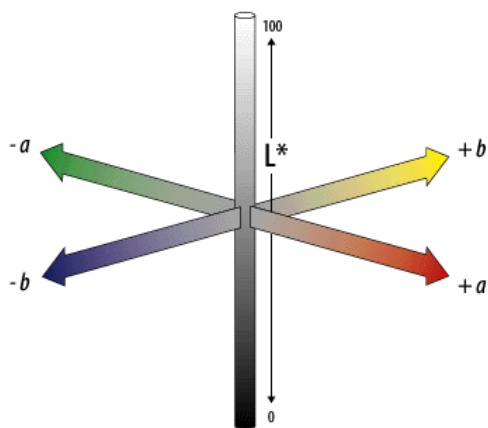


ภาพ ข-3.3 หลักการ CIE XYZ

#### CIE L\*a\*b\*

- ใช้หลักของสีที่ตรงข้ามกัน อ่านค่าตามแกน 3 แกนได้เป็น 3 ค่า โดยแสดงค่าเป็น L\* a\* และ b\*

- L\* แสดงค่าความสว่าง มีค่าตั้งแต่ 0(ดำ) จนถึง 100(ขาว)
- a\* แสดงค่าความเป็นสีแดงและสีเขียว
  - ค่า a เป็นบวกจะแสดงค่าสีแดง
  - ค่า a เป็นลบจะแสดงค่าสีเขียว
- b\* แสดงค่าความเป็นสีเหลืองและสีน้ำเงิน
  - ค่า b เป็นบวกจะแสดงค่าสีเหลือง
  - ค่า b เป็นลบจะแสดงค่าสีน้ำเงิน

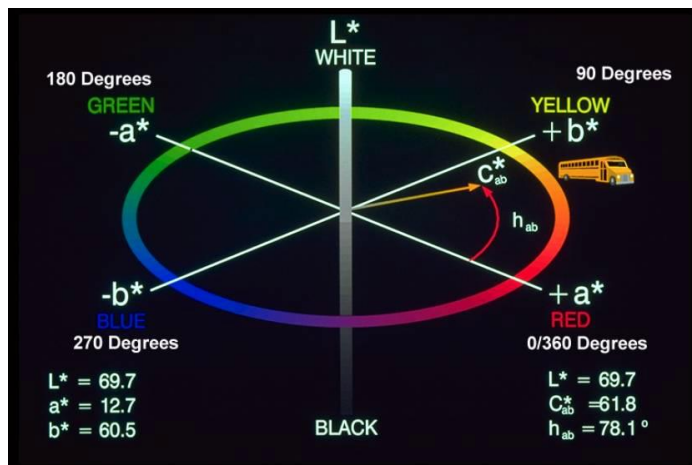


ภาพ ข-3.4 หลักการ CIE L\*a\*b\*

CIE L\*C\*h\*

hue:  $h^* = \tan^{-1}(b^*/a^*)$

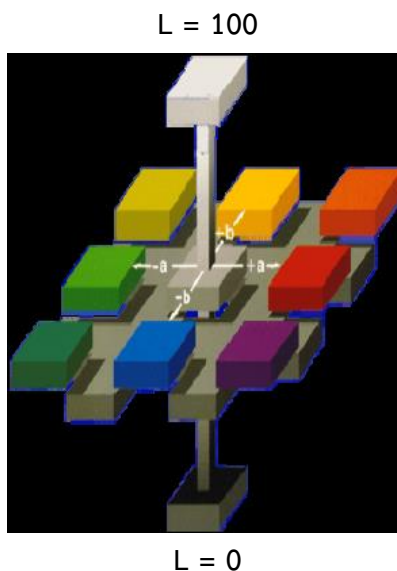
chroma:  $C^* = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$



ภาพ ข-3.5 หลักการ CIE L\*C\*h\*

Hunter Lab

- ใช้หลักสีที่ตรงข้ามกัน
- อ่านค่าสีเป็น L a และ b



ภาพ ข-3.6 หลักของ Hunter Lab

## เครื่องวัดสี

1. เครื่องวัดสี ( Color Flex model 45°/0° )
2. UPS stabilizer

ตัวเครื่องวัดสีไม่มี Switch เปิด / ปิด เมื่อจะใช้งานให้ต่อสาย Adaptor เข้า กับตัวเครื่อง UPS stabilizer ให้เรียบร้อยเสียก่อน แล้วจึงใช้การเปิด / ปิด เครื่องด้วยการกดปุ่ม ON / OFF ที่เครื่อง UPS stabilizer



ภาพ ข-3.7 เครื่องวัดสี รุ่น CR-400

ผลิตภัณฑ์รูปแบบถุงชา



ภาพ ข-3.8 ผลิตภัณฑ์สีผสมอาหารแบบถุงชา



ภาพ ข-3.9 แสดงสีที่ได้ อัญชัน และเฟื่องฟ้า จากช้ำยไปขวา  
เมื่อแช่ไว้ในน้ำอุ่น 45 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที

## ภาคผนวก ค

### แบบสอบถาม

#### การสำรวจความต้องการใช้สารสีธรรมชาติในอุตสาหกรรมอาหาร

**คำชี้แจง** แบบสอบถามชุดนี้เป็นการสำรวจความต้องการใช้สารสีธรรมชาติใน อุตสาหกรรมอาหาร จึงขอความกรุณาตอบแบบสอบถามทุกข้อเพื่อความสมบูรณ์ของข้อมูล และเพื่อช่วยให้การพัฒนาสีผสมอาหารจากธรรมชาติเป็นไปตามวัตถุประสงค์มากที่สุด ข้อมูลที่ได้ทั้งหมดจะไม่มีผลกระทบต่อท่านทั้งสิ้นขอขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถาม

**คำชี้แจงตัวผลิตภัณฑ์** แอนโทไซยานินเป็นสารสีธรรมชาติ พบทั่วไปในผักและผลไม้ มีช่วงสีที่กว้าง ตั้งแต่สีแดงถึงสีน้ำเงิน แอนโทไซยานิน พบมากในหลายแหล่ง เช่น องุ่น ราสเบอร์รี่ สตรอเบอร์รี่ แอปเปิ้ล เชอร์รี่ กะหล่ำแดง มะเขือม่วง กระเจี๊ยบ ดอกอัญชัน เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาใช้ในการผลิตเป็นสีผสมอาหาร นอกจากนี้ ยังมีคุณสมบัติทางอ้อมในการเป็นสารแอนติออกซิแดน (antioxidant) ซึ่งช่วยในการป้องกันโรคมะเร็ง โรคไขข้อ อักเสบ และโรคหลอดเลือดหัวใจ ในงานวิจัยนี้จึงได้มีการสกัดแอนโทไซยานินจากอัญชัน ลูกผักปลังสุก พริกกาสา และหม่อน มาผลิตเป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติ

**คำแนะนำ** กรุณาทำเครื่องหมาย  ลงใน  หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่าน

#### ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

หญิง  ชาย

2. อายุ

น้อยกว่า 20 ปี  31- 45 ปี

20 - 30 ปี  มากกว่า 45 ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

น้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา  ปวส. / อนุปริญญา

มัธยมศึกษาตอนต้น  ปริญญาตรี

มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.  สูงกว่าปริญญาตรี

4. รายได้ต่อเดือน

น้อยกว่า 5,000 บาท  15,001 - 20,000 บาท

5,000 - 10,000 บาท  สูงกว่า 20,000 บาท

10,001 - 15,000 บาท

5. ท่านมีความเกี่ยวข้องกับสารสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ในฐานะที่ท่านเป็น

ผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร

ผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหารหรือ ผู้ผลิตสี หรือผู้จำหน่ายสี หรือผู้นำเข้าสีผสมอาหาร

ส่วนที่ 2 พฤติกรรมการใช้สารสีของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือผู้ผลิตสี หรือผู้นำเข้าสี หรือผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร

6. สารสีที่ท่านใช้ หรือผลิต หรือจำหน่าย เป็นสารสีประเภทใด (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ กรุณาระบุให้ชัดเจน)

- สีสังเคราะห์ ได้แก่
- ประเภทสีแดง  ประเภทสีเหลือง
- ประเภทสีเขียว  ประเภทสีน้ำเงิน
- สีอนินทรีย์
- ไทเทเนียมไดออกไซด์  คาร์บอนแบล็ค

สีธรรมชาติ ได้แก่

- สีแดง  สีเหลือง  สีม่วง  สีเขียว
- สีน้ำเงิน  สีน้ำตาล  สีดำ  สีส้ม

7. สารสีผสมอาหารที่ท่านใช้ หรือผลิต หรือจำหน่ายอยู่ในรูปแบบใด และมีวิธีการใช้อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

- ผงละเอียด (powder)
- ของเหลว (liquid)
- ของเหลวข้น (paste)
- อื่นๆ

8. กรุณาระบุสีที่ท่านใช้ หรือผลิต หรือจำหน่าย มากที่สุด 3 ลำดับแรก คือ

- 1.) สี..... 2.) สี..... 3.) สี.....

9. ท่านใช้สีผสมอาหารกับอาหารประเภทใด

- อาหารที่เป็นกรดต่ำ (pH มากกว่า 5.3) เช่น ฟู ปลา กุ้ง เนื้อสุกร ถั่ว ข้าวโพด น้านม เป็นต้น
- อาหารที่เป็นกรดปานกลาง (pH 4.5 – 5.3) เช่น ฟักทอง หน่อไม้ฝรั่ง ซุปต่าง ๆ
- อาหารที่เป็นกรด (pH 3.7 – 4.5) เช่น มะเขือเทศ สับปะรด ส้ม มะปราง
- อาหารที่เป็นกรดสูง (pH น้อยกว่า 3.7) เช่น มะนาว กระเจี๊ยบ

10. สถานที่ที่ท่านซื้อสารสีผสมอาหาร มากที่สุด คือ (ตอบเพียงข้อเดียว)

- ตลาดสด  ร้านค้าปลีก  ร้านค้าส่ง (Mackro)
- ซูเปอร์มาร์เก็ตในห้างสรรพสินค้า  ซูเปอร์มาร์เก็ตทั่วไป
- บริษัทจำหน่ายสี  นำเข้าจากต่างประเทศ  องค์กรเภสัชกรรม
- อื่นๆ โปรดระบุ.....

ส่วนที่ 3 ความคิดเห็นต่อการใช้สารสีธรรมชาติของผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร หรือผู้ผลิตสี  
หรือผู้นำเข้าสี หรือผู้จำหน่ายสีผสมอาหาร

11. ท่านคิดว่าการใช้สารสีธรรมชาติ เพื่อทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ มีความเป็นไปได้ ในระดับอุตสาหกรรมหรือไม่

เป็นไปได้ (ในระดับใด กรุณาทำเครื่องหมาย)

สูงมาก

สูง

ปานกลาง

น้อย

น้อยมาก

เป็นไปไม่ได้ เพราะ.....

12. ถ้ามีการผลิตสารสีธรรมชาติที่ผลิตขึ้น ท่านคิดว่า ควรมีรูปแบบใดที่เหมาะสมในการใช้งาน

ผงละเอียด (powder)

ของเหลว (liquid)

ของเหลวข้น (paste)

อื่นๆ โปรดระบุ.....

13. ท่านคิดว่าถ้ามีการผลิตสารสีธรรมชาติในระดับอุตสาหกรรม ท่านมีความสนใจที่จะใช้หรือไม่

สนใจที่จะใช้

ไม่สนใจ

ไม่สนใจที่จะใช้

ขอบพระคุณทุกท่านที่ให้ความร่วมมือ

### แบบทดสอบความชอบของผลิตภัณฑ์ที่ใช้สีจากธรรมชาติ

คำแนะนำ งานวิจัยนี้เป็นการสำรวจความต้องการของการใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติ ในอุตสาหกรรมอาหาร กรุณาประเมินคุณภาพผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงสีของผลิตภัณฑ์เท่านั้น และทำเครื่องหมาย ✓ ให้ ตรงกับคำอธิบาย ความชอบที่มีต่อผลิตภัณฑ์สีผสมอาหารจากธรรมชาติ

คำแนะนำ กรุณาทำเครื่องหมาย ✓ ลงใน  หน้าคำตอบที่ท่านเห็นว่าเหมาะสมและตรงตามความคิดเห็นของท่าน

#### ส่วนที่ 1 ข้อมูลส่วนตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

หญิง  ชาย

2. อายุ

น้อยกว่า 20 ปี  31- 45 ปี  
 20 - 30 ปี  มากกว่า 45 ปี

3. ระดับการศึกษาสูงสุด

น้อยกว่าหรือเทียบเท่าประถมศึกษา  ปวส. / อนุปริญญา  
 มัธยมศึกษาตอนต้น  ปริญญาตรี  
 มัธยมศึกษาตอนปลาย / ปวช.  สูงกว่าปริญญาตรี

4. รายได้ต่อเดือน

น้อยกว่า 5,000 บาท  15,001 - 20,000 บาท  
 5,000 - 10,000 บาท  สูงกว่า 20,000 บาท  
 10,001 - 15,000 บาท

5. ท่านมีความเกี่ยวข้องกับสารสีที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ในฐานะที่ท่านเป็น

ผู้ใช้สารสีในผลิตภัณฑ์อาหาร  
 ผู้ที่เกี่ยวข้องในอุตสาหกรรมอาหารหรือ ผู้ผลิตสี หรือผู้จำหน่ายสี หรือผู้นำเข้าสีผสมอาหาร

#### ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นต่อวุ้นที่ใช้สีผสมอาหารจากธรรมชาติจากธรรมชาติ

1. ตัวอย่างสีจากดอกอัญชัน

1. สี

ไม่ชอบ  เฉยๆ  ชอบ  ชอบมาก

2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ  เฉยๆ  ชอบ  ชอบมาก

3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ  เฉยๆ  ชอบ  ชอบมาก

4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100  1:200  1:300

## 2. ตัวอย่างสีจากผลผักปลัง

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

## 3. ตัวอย่างสีจากผลพื้ลึงกาสา

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

## 4. ตัวอย่างสีจากผลหม่อน

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

## 5. ตัวอย่างสีจากแก่นฝาง

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

## 6. ตัวอย่างสีจากดอกทองกวาว

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

## 7. ตัวอย่างสีจากดอกเฟื่องฟ้า

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

## 8. ตัวอย่างสีจากดอกโสน

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

## 9. ตัวอย่างสีที่ได้จากการผสมกันระหว่างอัญชันกับทองกวาว

## 1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

## 4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

10. ตัวอย่างสีที่ได้จากการผสมกันระหว่างผลผักปลังกับทองกวาว

1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

11. ตัวอย่างสีที่ได้จากการผสมกันระหว่างผลผักปลังกับอัญชัน

1. สี

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

2. ความเป็นเนื้อเดียวของผลิตภัณฑ์

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

3. ความชอบโดยรวม

ไม่ชอบ       เฉยๆ    ชอบ       ชอบมาก

4. อัตราส่วนของสีผสมอาหารในการละลายน้ำที่ท่านพึงพอใจ

1:100       1:200       1:300

12. ท่านยอมรับสีจากสารสกัดจากพืชธรรมชาติหรือไม่

ยอมรับ       ไม่ยอมรับ

13. สีผสมอาหารจากธรรมชาติที่ท่านต้องการ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

สีแดง    สีเหลือง       สีม่วง    สีเขียว

สีนํ้าเงิน       สีนํ้าตาล       สีดำ       สีส้ม

14. ถ้ามีการผลิตสารสีธรรมชาติที่ผลิตขึ้น ท่านคิดว่า ควรมีรูปแบบใดที่เหมาะสมในการใช้งาน

ผงละเอียด       ของเหลว

ของเหลวข้น       แบบถุงชา

15. ข้อเสนอแนะเพื่อการปรับปรุงคุณภาพต่อไป

.....  
 .....

**\*\* ขอขอบคุณที่ให้ความร่วมมือ \*\*\***