รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. **แผนงานวิจัย** : วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์และบรรจุภัณฑ์เพื่อสุขภาพ

2. **โครงการวิจัย** : วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์จากสารธรรมชาติ
   กิจกรรม : การพัฒนาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติสำหรับอาหารและเวชสำอาง
   กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :

3. **ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย)** : การผลิตสีผงจากพืชทดแทนสีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหาร
   ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Production of natural colorants to replaces synthetic food color products

4. **คณะผู้ดำเนินงาน**

หัวหน้าการทดลอง	: นางสาวจารุวรรณ์ รัตนสกุลธรรม	สังกัด กวป.
ผู้ร่วมงาน	: นางสาวศุภมาศ กลิ่นขจร	สังกัด กวป.
	นางสาวศิริพร เต็งรัง	สังกัด กวป.
	นางสาวสุปรียา ศุขเกษม	สังกัด กวป.

กรมวิชาการเกษตร

5. **บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตสีผงจากสารสกัดพืช ทำการทดลองที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตรระหว่างเดือนตุลาคม 2559 - กันยายน 2563 โดยทำการผลิตสีผงจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ ดอกอัญชัน แครอท และใบเตย การผลิตสีผงจากดอกอัญชัน ทำการสกัดดอกอัญชันด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.15 โมลาร์ อัตราส่วนดอกอัญชันต่อสารละลายกรดซิตริก เป็น 1:50 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที นำสารสกัดที่ได้ระเหยน้ำออกเพื่อให้สารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้เท่ากับ 8 องศาบริกซ์ จากนั้นผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีชมพู มีความชื้นร้อยละ 4.31 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.255 ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 57.36, 16.02 และ -2.69 ตามลำดับ ค่าการละลาย

ร้อยละ 98.71 ปริมาณแอนโทไซยานิน 40.02 มิลลิกรัมสมมูลของไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม สีผงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด การผลิตสีผงจากสารสกัดแครอท ทำการสกัดแครอทด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ นำสารสกัดที่ได้ระเหยน้ำออกให้สารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเท่ากับ 25 องศาบริกซ์ จากนั้นผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีส้ม มีความชื้นร้อยละ 1.65 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.27 ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 52.44, 8.52 และ 11.97 ตามลำดับ ค่าการละลายร้อยละ 84.51 ปริมาณแคโรทีนอยด์ 8.98 มิลลิกรัม/100 กรัม สีผงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด การผลิตสีผงจากสารสกัดใบเตย ทำการสกัดใบเตยด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ จากนั้นผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีเขียวและมีกลิ่นหอมใบเตย มีความชื้นร้อยละ 1.18 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.20 ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 53.43, -5.54 และ 12.67 ตามลำดับ ค่าการละลายร้อยละ 91.88 ปริมาณคลอโรฟิลล์ 103.63 มิลลิกรัม/100 กรัม สีผงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา โดยปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของส่วนผสมทั้งหมด เมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นเวลา 12 เดือน โดยบรรจุในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ พบว่าสีผงมีความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้น ในขณะที่ปริมาณสารสำคัญ (แอนโทไซยานิน แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์) มีค่าลดลง สำหรับคุณภาพด้านจุลินทรีย์ของสีผงทั้ง 3 ชนิด อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

The objective of this research is to produce powder color from plant extracts, that was conducted at Postharvest and Processing Research and Development Division in October 2016 to September 2020. Powder color was produced from three plants, butterfly pea flowers, carrots and pandan leaves. Powder color production was performed using butterfly pea flowers, extraction of butterfly pea flowers used 0.15 molar citric acid solution, the ratio of dried butterfly pea flowers to citric acid solution was 1:50 (weight by volume). The optimal condition of extraction was at 60 ° C for 30 minutes. An extract was evaporated water, the total soluble solid content of extract was 8 ° Brix. Then, 20% maltodextrin was mixed by weight, that was spray dried using spray dryer at 160 ° C inlet. Powder color extracted from butterfly pea flowers had pinkish, that moisture content was 4.31%, water activity value was 0.255, color values L* a* and b* were 57.36, 16.02 and -2.69, respectively. The sample expressed as the

solubility 98.71%, total anthocyanin content 40.02 mg and equivalent of cyanidin-3-glucoside / 100g. Powder color that has been applied in jelly products. The optimal amount was 2.5% by weight of all ingredients. Production of powder color from carrot extract, extraction of carrots was made by hydrauric press machine. An extract that was evaporated water, the total soluble solid content of extract was 25 ° Brix. Then, 20% maltodextrin was mixed by weight and spray drying at 170 ° C inlet, Powder color from carrot had orange color, that moisture content was 1.65%, water activity value was 0.270, color values L* a* and b* were 52.44, 8.52 and 11.97 respectively. The result showed the solubility 84.51% and total carotenoid 8.98 mg/100g. Powder color that has been applied in jelly products. The optimal amount was 1.0% by weight of all ingredients. Powder color production from pandan leaf extract, extraction of pandan leaves was made by hydrauric press machine. Then, 20% maltodextrin was mixed by weight and spray drying at 160 ° C inlet, to obtain a green powder color and pandan aroma. Moisture content from pandan leaves was 1.18%, water activity values were 0.200, color values L * a * and b * were 53.43, -5.54 and 12.67, respectively. Result of color extract indicated that the solubility 91.88% and total chlorophyll 103.63 mg / 100g. Powder color that has been applied in custard cream products. Where the optimal quantity was 2.0% by weight of all ingredients. Afterward, the powder color was kept at ambient temperature for 12 months in an aluminum foil bag. It was found that moisture content and water activity were increased, while the amount of total anthocyanin, total carotenoid and total chlorophyll were decreased. For the microbial quality of all 3 powder colors were in acceptable standard.

6. คำนำ

สีมีความสำคัญสำหรับอุตสาหกรรมอาหารเนื่องจากสีเป็นคุณลักษณะแรกที่ผู้บริโภคได้รับทางประสาทสัมผัส และเป็นปัจจัยที่ดึงดูดให้ผู้บริโภคตัดสินใจเลือกและยอมรับอาหารชนิดนั้นๆ สำหรับอาหารแปรรูปกรรมวิธีการผลิตมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งการเก็บรักษาก็มีผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของผลิตภัณฑ์ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการผลิตอาหารแปรรูปจึงมีความจำเป็นต้องใช้สีผสมอาหารเพื่อทดแทนการเปลี่ยนแปลงของสีที่เกิดขึ้นในระหว่างการผลิต และเพื่อทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีสม่ำเสมอ ปัจจุบันผู้ผลิตผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มต้องการความสะดวกและลดต้นทุนการผลิต จึงใช้สีสังเคราะห์ผสมอาหารซึ่งมีราคาถูก หาซื้อ

ได้ง่าย สามารถกำหนดปริมาณการใช้ได้แน่นอน ทำให้ผู้ผลิตหันมาใช้สีสังเคราะห์แทนสีธรรมชาติมากขึ้น (เวณิกา และคณะ, ม.ป.ป.) จึงมักพบการเจือปนสีสังเคราะห์ในผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่มหลายชนิด ซึ่งการบริโภคสีผสมอาหารที่เป็นสีสังเคราะห์ในปริมาณมากเกินไปหรือบริโภคบ่อยๆ อาจทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน หรือทำให้เกิดอาการแพ้ ผื่นคัน สีผสมอาหารที่นิยมใช้ได้แก่ สีสังเคราะห์ เป็นสีที่สังเคราะห์ขึ้นจากสารเคมีต่างๆ ซึ่งค่อนข้างคงตัว เช่น แอโซรูบีน เออริทโทรซิน และทาร์ทราซิน สีอินทรีย์ เช่น ผงถ่านที่ได้จากการเผาพืช และสีธรรมชาติ เป็นสีที่สกัดจากพืชหรือสัตว์ที่บริโภคได้ เช่น แอนโทไซยานิน แคโรทีนอยด์ และคลอโรฟิลล์ ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชัน (กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป.) จากอันตรายของสีสังเคราะห์ดังกล่าวประกอบกับปัจจุบันผู้บริโภคให้ความสำคัญด้านสุขภาพมากขึ้น สีธรรมชาติซึ่งมีความปลอดภัยมากกว่าจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนสีสังเคราะห์ แต่สีธรรมชาติมักจะไม่คงตัวต้องใช้ในปริมาณที่ค่อนข้างมาก และมีความยุ่งยากในการเตรียม ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการใช้สีธรรมชาติและความปลอดภัยในการบริโภคอาหารที่ต้องแต่งสี จึงควรมีการนำสีธรรมชาติมาทำให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกต่อการใช้งาน โดยกระบวนการทำแห้งที่นิยมใช้ในการผลิตสีธรรมชาติสามารถทำได้หลายวิธี เช่น การทำแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze drying) เป็นการทำแห้งแบบใช้ความเย็น การทำแห้งแบบพ่นฝอย (Spray drying) เป็นการทำแห้งแบบใช้ความร้อนสูง การทำแห้งโดยวิธีโฟมแมท (Foam-mat drying) เป็นการทำแห้งแบบที่ใช้ความร้อนไม่สูงมากและมีวิธีการที่ง่ายไม่ซับซ้อนที่สำคัญมีต้นทุนการผลิตไม่สูง

ประเทศไทยได้มีการกำหนดรายชื่อพืชหรือสัตว์ที่อนุญาตให้นำมาใช้ทำสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์ ซึ่งอัญชัน แครอท และใบเตย ได้จัดอยู่ในบัญชีรายชื่อดังกล่าวด้วย (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, 2561) และสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา (ม.ป.ป.) ได้จัดทำข้อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานสำหรับสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์ โดยกำหนดคำนิยามของสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์หมายถึง สารให้สีที่ได้จากส่วนต่างๆ ของพืช เช่น ราก ใบ ผล เปลือกดอก หรือส่วนต่างๆ ของสัตว์ซึ่งมีประวัติการบริโภคเป็นอาหารและได้จากวิธีทางกายภาพหรือสกัดด้วยน้ำเท่านั้น ทั้งนี้ในกระบวนการผลิตจะต้องไม่มีขั้นตอนใดๆ ที่ทำให้สารที่ให้สีดังกล่าวมีความบริสุทธิ์ขึ้นจากที่มีในธรรมชาติโดยอาจอยู่ในรูปของเหลวเข้มข้น หรือกึ่งแข็งกึ่งเหลว หรือผง หรือของแข็ง และอาจมีการเติมส่วนประกอบอื่น เช่น วัตถุเจือปนอาหารหรือวัตถุอื่นที่ไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพเพื่อประโยชน์ในกระบวนการผลิต โดยมีข้อกำหนดเฉพาะของมาตรฐานด้านจุลินทรีย์ มาตรฐานด้านสารปนเปื้อน มาตรฐานด้านวัตถุเจือปนอาหาร ซึ่งในข้อกำหนดนี้อนุญาตให้ใช้มอลโตเด็กซ์ทริน (maltodextrin) เป็นสารช่วยทำละลายหรือช่วยพา (carriers) กรณีผลิตภัณฑ์เป็นผงในปริมาณที่เหมาะสม

มอลโตเด็กซ์ทริน คือคาร์โบไฮเดรต ประเภท polysaccharide ที่ได้จากการย่อยโมเลกุลของสตาร์ช (starch) บางส่วนให้เป็นสายสั้นๆ ของน้ำตาลกลูโคส มีลักษณะเป็นผงหรือเกล็ดสีขาว ไม่มีรสหรือมีรสหวานเล็กน้อย สามารถละลายในน้ำได้ดี มอลโตเด็กซ์ทรินถูกนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารอย่างกว้างขวาง

กรมวิชาการเกษตร

รวมทั้งในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพ อาหารสำหรับผู้ที่ต้องการควบคุมน้ำหนัก อาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน อาหารไขมันต่ำ ผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เช่น เครื่องดื่มผง เครื่องปรุงรสชนิดผง นอกจากนี้ยังใช้เป็นสารให้ความหวาน ใช้เป็นสารทดแทนไขมันในผลิตภัณฑ์เบเกอรี่ ใช้เป็นสารเพิ่มเนื้อในการทำแห้งแบบ spray drier หรือ drum drier (พิมพ์เพ็ญและนิธิยา, ม.ป.ป)

ประเทศไทยมีพืชหลากหลายชนิดที่สามารถนำมาใช้เป็นอาหารได้ ความหลากหลายของพืชต่างๆ ขึ้นอยู่กับรงควัตถุ ซึ่งรงควัตถุนี้จัดเป็นสารประกอบฟีนอลิกมีคุณสมบัติเป็นสารต้านออกซิเดชันมีประโยชน์ในการช่วยป้องกันและลดการเกิดโรคเรื้อรังต่างๆ รงควัตถุสีม่วงคือแอนโทไซยานินพบในดอกอัญชัน รงควัตถุสีส้มคือแคโรทีนอยด์พบในแครอท และรงควัตถุสีเขียวพบในใบเตย ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์จากรงควัตถุนี้ในการผลิตเป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติ นอกจากจะให้สีสันที่สวยงามแล้วยังได้ประโยชน์ในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย

แอนโทไซยานิน สามารถละลายน้ำได้ เป็นสารประกอบฟีนอลิกมีสมบัติต้านอนุมูลอิสระจากธรรมชาติ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการมองเห็น แก้อาการตาฟาง ตามัว ตาเสื่อมจากโรคเบาหวาน โรคต้อหิน โรคต้อกระจก ช่วยยับยั้งการรวมตัวของเกล็ดเลือด ช่วยขับปัสสาวะ และยังช่วยผ่อนคลายกล้ามเนื้อ (พิมพ์เพ็ญ และนิธิยา, ม.ป.ป.) นอกจากนี้สารแอนโทไซยานินยังมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันของไขมัน ชะลอการเกิดโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือด โรคหลอดเลือดหัวใจแข็งตัว และยังช่วยลดการเกิดโรคมะเร็ง สารแอนโทไซยานินสามารถพบได้ในผักและผลไม้ต่างๆ เช่น ดอกอัญชัน กระเจี๊ยบ ผักกาดแดง องุ่น พลัม และผลไม้ตระกูลเบอร์รี เป็นต้น (Shahidi and Naczk, 2004; Giusti and Wrolstad, 2005)

อัญชันจัดเป็นสมุนไพร ดอกอัญชันมีทั้งชนิดดอกสีขาวและดอกสีน้ำเงิน (จรัญ และคณะ, ม.ป.ป.) สามารถนำมาใช้สกัดสารให้สีได้ การใช้ประโยชน์ของดอกอัญชัน เช่น ใช้สีจากกลีบดอกเป็นส่วนผสมในอาหารและเครื่องดื่ม ใช้เป็นส่วนผสมในเครื่องสำอาง เช่น ใช้ทำยาสระผมแก้ผมร่วง นอกจากนี้ดอกอัญชันยังเป็นที่นิยมของต่างประเทศ สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศฮ่องกง ได้แนะนำประโยชน์ของสมุนไพรจากไทย 5 ชนิด คือ ดอกอัญชัน ตะไคร้ กระเจี๊ยบ มะตูม และใบเตย โดยดอกอัญชันกำลังเป็นที่นิยมอย่างสูง (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศฮ่องกง, 2560) นอกจากนี้กรมวิชาการเกษตรให้ข้อมูลว่าอัญชันจัดเป็น 1 ในพืชสมุนไพรที่มีคุณประโยชน์มากมายที่ตลาดต่างประเทศมีความต้องการสูง เนื่องจากมีสารแอนโทไซยานินเป็นสารสำคัญมากกว่าพืชชนิดอื่นถึง 10 เท่า ที่ผ่านมาประเทศไทยมีการส่งออกดอกอัญชันแห้งไปหลายประเทศ เช่น ไต้หวัน ฮ่องกง เกาหลี มาเลเซียและออสเตรเลีย โดยเฉพาะออสเตรเลียมีมูลค่าส่งออกสูงถึง 4,000 บาท/กิโลกรัม ล่าสุดกรมวิชาการเกษตรสามารถเปิดตลาดดอกอัญชันแห้งของไทยไปสู่ตลาดประเทศอินโดนีเซียเป็นผลสำเร็จเพิ่มขึ้นอีก 1 ประเทศ (เดลินิวส์, 2563)

กรมวิชาการเกษตร

แคโรทีนอยด์ เป็นกลุ่มสีธรรมชาติที่นิยมใช้เป็นสีผสมอาหารที่ให้สีเหลืองจนถึงสีแดง ไม่ละลายน้ำแต่ละลายได้ในไขมันและตัวทำละลายอินทรีย์ เนื่องจากโครงสร้างทางเคมีของแคโรทีนอยด์มีพันธะคู่สลับกับพันธะเดี่ยว (conjugated double bonds) ส่งผลให้เกิดออกซิเดชั่นและถูกทำลายด้วยความร้อน ออกซิเจนและโลหะหนักได้ง่าย แคโรทีนอยด์พบมากในพืชและสัตว์ เช่น มะเขือเทศ และแครอท เป็นต้น สีแคโรทีนอยด์เป็นสีที่ค่อนข้างคงตัว การแปรรูปอาหารด้วยกรรมวิธีการแปรรูปธรรมดา เช่น การลวกการใช้หม้อนึ่งอัดความดันหรือการทำเยือกแข็ง จะมีผลน้อยมากต่อความคงตัวของสีผสมอาหารชนิดนี้ แคโรทีนอยด์มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ยับยั้งอนุมูลไนตริกออกไซด์ ซุปเปอร์ออกไซด์ เปอร์ออกซิลไนไตรท และไฮดรอกซิล เป็นต้น สามารถป้องกันโรคมะเร็งได้โดยผ่านกลไกลการยับยั้งอนุมูลอิสระ ป้องกันโรคหลอดเลือดหัวใจคือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผนังหลอดเลือดเกิดบาดแผลและสามารถยับยั้งการเกิดการออกซิเดชันของแอลดีแอลได้ นอกจากนี้แคโรทีนอยด์ยังเป็นสารตั้งต้นวิตามินเอ โดยทั่วไปแคโรทีนอยด์จะให้วิตามินเอเพียง 1 โมเลกุล ยกเว้นเบต้าแคโรทีนจะให้วิตามินเอ 2 โมเลกุล

แคโรทีนอยด์แบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ ตามโครงสร้าง

แคโรทีน เป็นแคโรทีนอยด์ที่ในโครงสร้างโมเลกุลประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น แอลฟ่าแคโรทีน เบต้าแคโรทีน แกรมม่าแคโรทีน และ ไลโคพีน เป็นต้น

ออกโซแคโรทีนอยด์ หรือ แซนโธฟิล เป็นแคโรทีนอยด์ที่โครงสร้างโมเลกุลบริเวณวงแหวนประกอบด้วยโมเลกุลของธาตุอื่น นอกเหนือจากคาร์บอนและไฮโดรเจน เช่น ออกซิเจน ดังนั้นโครงสร้างของแซนโธฟิล จึงมักมีหมู่ไฮดรอกซิล เมทอกซิล คาร์บอกซิล หรือ อีพอกซี เช่น คริปโตแซนทิน และ แคนตาแซนทิน

คลอโรฟิลล์ เป็นกลุ่มสีที่ให้รงควัตถุสีเขียวที่พบในพืช โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของใบเป็นสีที่ไม่คงตัวโดยแสง อุณหภูมิ ระยะเวลาเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงสีคลอโรฟิลล์ คลอโรฟิลล์แบ่งเป็น 2 กลุ่มคือ คลอโรฟิลล์ a และคลอโรฟิลล์ b ดังภาพที่ 4 ซึ่งแตกต่างกันในส่วนของหมู่ R ถ้าหมู่ R เป็นหมู่เมทิลจะเป็นคลอโรฟิลล์ a แต่ถ้าหมู่ R เป็นหมู่แอลดิไฮด์จะเป็นคลอโรฟิลล์ b คลอโรฟิลล์ a และ b จะเสื่อมสภาพไปเป็นฟีโอไฟติน a และ b ตามลำดับ เมื่อมีการแทนที่ของแมกนีเซียมด้วยโปรตอน ซึ่งการเสื่อมสภาพของคลอโรฟิลล์จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากสีเขียวสว่างไปสู่สีเขียวน้ำตาลทึบ และในสภาวะที่เป็นกรดซึ่งเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการทางความร้อนก็มีผลต่อการเปลี่ยนสีแบบนี้ด้วย (Dennis, 1998) คลอโรฟิลล์ไม่ละลายในปิโตรเลียมอีเทอร์และน้ำ ละลายได้ดีมากในอีเทอร์ เอทานอล คลอโรฟอร์ม เบนซีน ละลายได้บ้างในเมทานอลที่เย็น (เจริญและอรุณ, 2530) มีรายงานว่าคลอโรฟิลล์หรืออนุพันธ์มีผลต่อการเจริญของแบคทีเรียและสัตว์ กระบวนการเมตาบอลิซึม การหายใจ การกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดแดงซึ่งมีผลต่อภาวะโภชนาการ การทำงานของฮอร์โมน เนื้องอก โรคร้ายหลายชนิด เช่น โลหิตจาง หลอดเลือดแดงแข็งตัว โรคแรงดันเลือดสูง (โครงการศูนย์ข้อมูลสมุนไพร, 2532)

กรมวิชาการเกษตร

ปัจจุบันมีงานวิจัยที่ศึกษาการทำแห้งแบบพ่นฝอยสารสกัดธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ต่างๆ โดยมีการเลือกใช้ชนิดและปริมาณสารตัวพาหรือสารห่อหุ้มที่แตกต่างกันและนำมาทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้าและออกแตกต่างกันตามความเหมาะสม เช่น การสกัดสีจากดอกอัญชันด้วยน้ำและปรับค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 4 ผสมสารห่อหุ้ม 2 ชนิด คือ ไฮดรอกซิลโพรพิลเมทธิล เซลลูโลส (hydroxylpropylmethyl cellulose) และเจลาตินโดยควบคุมให้มีปริมาณของแข็งในสารละลายเท่ากับร้อยละ 5 จากนั้นนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 130 องศาเซลเซียส พบว่าสีผงจากดอกอัญชันที่ใช้เจลาตินเป็นสารห่อหุ้มมีความคงตัวมากกว่าการใช้ไฮดรอกซิลโพรพิลเมทธิลเซลลูโลสเป็นสารห่อหุ้ม (Angkana *et al.*, 2008) การทำมันเทศผงสีม่วง โดยเตรียมมันเทศให้อยู่ในลักษณะ puree ผสมมอลโตเด็กซ์ทริน 30 กรัม/กิโลกรัม และกรดแอสคอร์บิก 5 กรัม/กิโลกรัม ปรับให้มีปริมาณของแข็ง 11±0.5 กรัม/100 กรัม นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมร้อนออก 85±4 องศาเซลเซียส พบว่า มันเทศผงสีม่วงที่ใช้มอลโตเด็กซ์ทรินร่วมกับกรดแอสคอร์บิกมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ และค่าการละลาย สูงกว่ามันเทศผงสีม่วงที่ไม่ใช้มอลโตเด็กซ์ทรินร่วมกับกรดแอสคอร์บิก แต่มันเทศผงสีม่วงทั้ง 2 ชนิด มีปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน มันเทศผงสีม่วงที่ผลิตได้สามารถนำไปใช้เป็นส่วนผสมเพื่อเพิ่มสารต้านอนุมูลอิสระในอาหารเพื่อสุขภาพได้ (Ahmed *et al.*, 2010) วิธีการทำน้ำทับทิมผงที่เหมาะสม คือการใช้กัมอะราบิคและแป้งดัดแปรอัตราส่วน 1:1 เป็นสารห่อหุ้มและนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 162-170 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมร้อนออก 89-93 องศาเซลเซียส ได้น้ำทับทิมผงที่มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุดและน้ำทับทิบผงที่ได้มีสีแดงสามารถนำไปใช้เป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติได้ (Santiago *et al.*, 2016) การทำกระเจี๊ยบผงใช้เพคตินเป็นสารห่อหุ้มปริมาณ 3 กรัม/100 มิลลิลิตร นำไปทำแห้งที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 155±4.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิลมร้อนออก 55±2 องศาเซลเซียส มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด (Díaz-Bandera *et al.*, 2015) การผลิตสีผงจากแครอททำการสกัดด้วยเอนไซม์และเติมมอลโตเดกซ์ตริน DE 10 ปริมาณร้อยละ 10 นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิของลมร้อนเข้า 135-145 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมร้อนออก 90-100 องศาเซลเซียส ผงสีที่ผลิตได้มีสีเหลืองอ่อน มีค่าสี L* (ความสว่าง) , C* (ความอิ่มหรือความสด) และ h (ค่าสีสันหรือเฉดสี) เท่ากับ 83.26 23.20 และ 78.58 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นร้อยละ 3.89 ความเป็นกรดร้อยละ 0.18 ความเป็นกรด-เบส 6.34 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.27 และนำผงสีที่ได้ใช้เป็นส่วนผสมในน้ำสลัดและโยเกิร์ตในปริมาณร้อยละ 5 โดยน้ำหนักต่อน้ำหนัก ซึ่งผู้บริโภคให้การยอมรับและให้ความสนใจซื้อ (กิติมา, 2549) การผลิตสีเขียวผงจากสารสกัดธรรมชาติ เช่น สีเขียวผงจากใบข้าวอ่อน ทำการสกัดน้ำคั้นใบข้าวอ่อนด้วยเครื่องแยกกาก เติมมอลโตเดกซ์ตริน DE 10 ปริมาณร้อยละ 10 และทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิของลมร้อนเข้า 150 องศาเซลเซียส อุณหภูมิของลมร้อนออก 90-100 องศาเซลเซียส ผงสีที่ได้มีค่าสี L* , C* และ h เท่ากับ 81.76 20.21

กรมวิชาการเกษตร

และ 100.56 ตามลำดับ ปริมาณความชื้นร้อยละ 3.8 ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี 0.29 ผงสีที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ไอศกรีมโดยเติมผงสีร้อยละ 3 ของน้ำหนักทั้งหมด พบว่าผู้บริโภคยอมรับผลิตภัณฑ์ไอศกรีมแต่งสีเขียวจากน้ำคั้นใบข้าวอ่อน ร้อยละ 98 (ขนิจศากรณ์, 2553) การผลิตผงใบเตย ทำการสกัดใบเตยด้วยน้ำ 1:6 นำสารสกัดที่ได้ 600 กรัม ผสมกับน้ำมันปาล์ม 240 กรัม มอลโตเด็กซ์ทริน 136 กรัม โซเดียมเคซิเนต 24 กรัม นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิของลมร้อนเข้า 170-200 องศาเซลเซียส พบว่า อุณหภูมิในการทำแห้งที่เหมาะสมคือ 170 องศาเซลเซียส ซึ่งทำให้ผงใบเตยมีคุณภาพดีที่สุด (Loh et al., 2005)

7. วิธีดำเนินการ :

- อุปกรณ์

1. วัตถุดิบ ได้แก่ ดอกอัญชันสายพันธุ์ 7-1-16 จากศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร แครอท และใบเตย
2. สารเคมีที่ใช้ในการทดลอง
   - สารเคมีสำหรับใช้ในการสกัด ได้แก่ กรดซิตริก
   - สารเคมีสำหรับใช้วิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ 2, 2-ไดฟีนิล-1-ไพคริล-ไฮดราซิล (DPPH) กรดแอสคอร์บิก เมทานอล กรดแกลลิก สารละลายโฟลิน-ซีโอเคาทู โซเดียมคาร์บอเนต โพแทสเซียมคลอไรด์ โซเดียมอะซิเตท กรดไฮโดรคลอริก เอทานอล เมานอล
3. อุปกรณ์เครื่องครัวสแตนเลส
4. ตู้อบลมร้อน (WTC binder)
5. เครื่องวัดสี (Chroma meter, Minolta CR 400)
6. เครื่องวัดปริมาณน้ำอิสระ (วอเตอร์แอกทิวิตี: Water activity: aw) (Novasina, TH200)
7. เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible spectrophotometer)
8. เครื่องเหวี่ยงแยกกาก (MIERO 22R, Hettich)
9. เครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอย (LabPlant, SD 06 basic)
10. เครื่องคั้นน้ำผลไม้ (Hydrauric Press, Model 12 Turbo)
11. เครื่องหั่นสไลด์ (โรบอทคูพ C.L. 60)
12. เครื่องบด/ปั่น (Retsch, SK-1)

กรมวิชาการเกษตร

- วิธีการ

1. การสกัดสารสีจากดอกอัญชัน

1.1 การศึกษาผลของอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดสารสี ทำการสกัดสารสีจากดอกอัญชันด้วยน้ำ ชั่งน้ำหนักดอกอัญชันแห้งที่บดละเอียด 1 กรัม เติมน้ำกลั่น 20 มิลลิลิตร ลงในหลอดสกัด วางแผนการทดลองแบบ Split-plot ทำการทดลอง 3 ซ้ำ กำหนดให้

Main plot คือ อุณหภูมิของน้ำที่ใช้ในการสกัด 30 40 50 60 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส

Sub plot คือ ระยะเวลาการสกัด 30 40 50 และ 60 นาที

จากนั้นนำไปสกัด โดยใช้อ่างควบคุมอุณหภูมิ เมื่อครบระยะเวลาการสกัดทำการกรองและปรับปริมาตรเป็น 25 มิลลิลิตร นำไปวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดด้วยวิธี pH differential (Giusti and Wrolstad, 2005) เพื่อคัดเลือกสภาวะการสกัดที่เหมาะสม

1.2 การศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมในการสกัดสารสีดอกอัญชัน ทำการสกัดสารสีจากดอกอัญชันด้วยน้ำและสารละลายกรด 3 ชนิด คือ กรดไฮโดรคลอริก กรดอะซิติก และกรดซิตริก ที่ความเข้มข้น 0.1 โมลาร์ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยทำการสกัดด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 1.1 วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเพื่อคัดเลือกชนิดกรดที่เหมาะสม

1.3 การศึกษาความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสมในการสกัดสารสี ทำการสกัดสารสีจากดอกอัญชันด้วยสารละลายกรดชนิดที่เหมาะสมจากข้อ 1.2 ความเข้มข้น 0 0.05 0.10 0.15 และ 0.20 โมลาร์ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 4 ซ้ำ โดยทำการสกัดด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 1.1 วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเพื่อคัดเลือกความเข้มข้นของกรดที่เหมาะสม

1.4 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดอกอัญชันแห้งต่อตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารสี ทำการสกัดสารสีจากดอกอัญชันด้วยสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 1.1-1.3 โดยแปรระดับอัตราส่วนดอกอัญชันแห้งต่อตัวทำละลาย คือ 1:20 1:30 1:40 1:50 และ 1:60 (น้ำหนัก/ปริมาตร) นำกากดอกอัญชันมาสกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 4 ซ้ำ วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินเพื่อคัดเลือกอัตราส่วนที่เหมาะสม

2. การสกัดสารสีจากแครอท โดยล้างทำความสะอาด หั่นสไลด์ด้วยเครื่องหั่นผัก บดด้วยเครื่องบด นำไปแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ได้สารสกัดแครอทสีส้ม และนำไปทำให้เข้มข้นโดยให้สารสกัดแครอทมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 25 องศาบริกซ์

3. การสกัดสารสีจากใบเตย โดยล้างทำความสะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง นำไปแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ได้สารสกัดใบเตยสีเขียว มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 5 องศาบริกซ์

กรมวิชาการเกษตร

4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย

4.1 การศึกษาอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยนำสารสกัดผสมมอลโตเด็กซ์ทริน ร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก และนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 140 -180 องศาเซลเซียส วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 5 ซ้ำ นำผงสีที่ได้มาวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ร้อยละของผลผลิตที่ได้ ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการละลาย และปริมาณสารสำคัญ (ดอกอัญชัน: ปริมาณแอโทไซยานิน, แครอท: ปริมาณแคโรทีนอยด์, ใบเตย: ปริมาณคลอโรฟิลล์)

4.2 การศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในการทำแห้ง โดยนำสารสกัดผสมมอลโตเด็กซ์ทริน ร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก และนำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้าที่เหมาะสมจากข้อ 4.1 วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 5 ซ้ำ นำผงสีที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ร้อยละของผลผลิตที่ได้ ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าความเป็นกรด-ด่าง ค่าการละลาย และปริมาณสารสำคัญ (ดอกอัญชัน: ปริมาณแอโทไซยานิน, แครอท: ปริมาณแคโรทีนอยด์, ใบเตย: ปริมาณคลอโรฟิลล์)

5. การประยุกต์ใช้สีผงในผลิตภัณฑ์อาหาร

5.1 การประยุกต์ใช้สีผงจากดอกอัญชันในผลิตภัณฑ์เยลลี่ เตรียมผลิตภัณฑ์เยลลี่โดยปรับจากสูตรเยลลี่กระเจี๊ยบ (พรพิมล, 2545) แปรระดับปริมาณสีผง 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 ทำการตรวจคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแอนโทไซยานิน และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี hedonic scale (7 point) จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน เพื่อคัดเลือกสูตรเยลลี่ที่เหมาะสม

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 1 แสดงปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากดอกอัญชัน

ส่วนประกอบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
น้ำ (กรัม)	706	706	706	706	706	706
น้ำตาลทราย (กรัม)	250	250	250	250	250	250
คาราจีแนน (กรัม)	19	19	19	19	19	19
สีผงจากดอกอัญชัน (กรัม)	0	5	10	15	20	25
มอลโตเด็กซ์ทริน (กรัม)	25	20	15	10	5	0

5.2 การประยุกต์ใช้สีผงจากแครอทในผลิตภัณฑ์เยลลี่ เตรียมผลิตภัณฑ์เยลลี่โดยปรับจากสูตรเยลลี่สับปะรดผสมแครอท (พรพิมล, 2545) โดยใช้สีผงจากแครอท แปรระดับปริมาณสีผง 5 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0 ทำการตรวจคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณแคโรทีนอยด์ และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี hedonic scale (7 point) จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน เพื่อคัดเลือกสูตรเยลลี่ที่เหมาะสม

ตารางที่ 2 แสดงปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากแครอท

ส่วนประกอบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5
น้ำสับปะรด (กรัม)	500	500	500	500	500
น้ำ (กรัม)	1,135	1,135	1,135	1,135	1,135
น้ำตาลทราย (กรัม)	300	300	300	300	300
คาราจีแนน (กรัม)	21	21	21	21	21
กรดมะนาว (กรัม)	4	4	4	4	4
สีผงจากแครอท (กรัม)	0	10	20	30	40
มอลโตเด็กซ์ทริน (กรัม)	40	30	20	10	0

กรมวิชาการเกษตร

5.3 การประยุกต์ใช้สีผงจากใบเตยในผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา เตรียมผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา โดยแปรระดับปริมาณสีผง 6 ระดับ คือ ร้อยละ 0 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 ทำการตรวจคุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ค่าความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ปริมาณคลอโรฟิลล์ และทดสอบทางประสาทสัมผัสโดยใช้วิธี hedonic scale (7 point) จำนวนผู้ทดสอบ 30 คน เพื่อคัดเลือกสูตรเยลลี่ที่เหมาะสม

ตารางที่ 3 แสดงปริมาณส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาผสมสีผงจากใบเตย

ส่วนประกอบ	สูตรที่ 1	สูตรที่ 2	สูตรที่ 3	สูตรที่ 4	สูตรที่ 5	สูตรที่ 6
กะทิ (กรัม)	250	250	250	250	250	250
น้ำตาลทราย (กรัม)	70	70	70	70	70	70
น้ำตาลปี๊บ (กรัม)	10	10	10	10	10	10
ไข่ไก่ (กรัม)	150	150	150	150	150	150

สีผงจากใบเตย (กรัม)	0	2.5	5	7.5	10	12.5
มอลโตเด็กซ์ทริน (กรัม)	20	17.5	15	12.5	10	7.5

6. การศึกษาอายุการเก็บรักษาสีผง โดยทำการบรรจุสีผงปริมาณ 50 กรัม ในถุงพลาสติกซิปใสและบรรจุลงในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์ สุ่มเก็บตัวอย่างทุก 2 เดือน ระยะเวลา 12 เดือน เพื่อวิเคราะห์คุณภาพ ได้แก่ ค่าสี ความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี การละลาย ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเป็นกรด-ด่าง และคุณภาพด้านจุลินทรีย์ วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

7. คำนวณต้นทุนการผลิต

- เวลาและสถานที่ ระยะเวลา : ตุลาคม 2559 – กันยายน 2563

สถานที่ : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสกัดสารสีจากดอกอัญชัน

1.1 การศึกษาอุณหภูมิและระยะเวลาในการสกัดสารสี จากการสกัดสารสีจากดอกอัญชันด้วยน้ำที่อุณหภูมิ 30 40 50 60 70 80 และ 90 องศาเซลเซียส ระยะเวลาการสกัด 30 40 50 และ 60 นาที เมื่อพิจารณาปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่า ระยะเวลาไม่มีผลต่อการสกัด จึงควรเลือกระยะเวลาในการสกัดที่น้อยที่สุด คือ 30 นาที ส่วนอุณหภูมิมีผลต่อการสกัด โดยการสกัดที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของปริมาณแอนโทไซยานิน พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส มีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารสีจากดอกอัญชัน คือ การสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที (ตารางที่ 4) ซึ่งผลการทดลองที่ได้สอดคล้องกับ Marpaung *et al.* (2013) ที่รายงานว่า การสกัดสารสีจากดอกอัญชันด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอลิค ที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง 4.5 โดยทำการเขย่าหรือกวนอย่างต่อเนื่องในที่มืดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการสกัดสารสีจากดอกอัญชัน นอกจากนี้การใช้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำระยะเวลาสั้นจะช่วยให้แอนโทไซยานินสลายตัวน้อยกว่าการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงระยะเวลานาน (Szalóki-Dorkó *et al,* 2015) จากการสกัดสารสีจากดอกอัญชันด้วยน้ำที่สภาวะต่างๆ พบว่า สารสกัดที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 6.42-6.54 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ อยู่ในช่วง 1.03-1.13 ค่าสี L* อยู่ในช่วง 26.30-26.53 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 7.38-7.82 ค่าสี b* อยู่ในช่วง -10.27 ถึง -10.98 และ ค่าสี h อยู่ในช่วง 305.31-305.69

กรมวิชาการเกษตร

1.2 การศึกษาชนิดของกรดที่เหมาะสมในการสกัดสารสีดอกอัญชัน พบว่าการสกัดด้วยกรดซิตริกสารสกัดที่ได้มีปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด แต่ไม่แตกต่างกับการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกและน้ำ ดังนั้นจึงเลือกใช้กรดซิตริกในการสกัดสารแอนโทไซยานินจากดอกอัญชัน สำหรับค่าความเป็นกรดด่างของสารสกัด พบว่าสารสกัดที่สกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริก มีค่าความเป็นกรดด่างต่ำสุด 1.23 คือมีความเป็นกรดสูงกว่าสารสกัดที่สกัดด้วยกรดอะซิติกและกรดซิตริก (ตารางที่ 5) และสีของสารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยกรดชนิดต่างๆ แสดงดังภาพที่ 1 คือ การสกัดกรดแต่ละชนิดจะให้สีที่แตกต่างกัน กรดไฮโดรคลอริกได้สารสกัดสีแดง การสกัดด้วยกรดอะซิตริกได้สารสกัดสีม่วง การสกัดด้วยกรดซิตริกได้สารสกัดสีชมพู และการสกัดด้วยน้ำได้สารสกัดสีน้ำเงิน การสกัดด้วยสารละลายกรดเนื่องจากสารแอนโทไซยานินจะคงตัวได้ดีในสภาวะที่เป็นกรดมากกว่าสภาวะที่เป็นเบส เพราะสารแอนโทไซยานินในสภาวะที่เป็นเบสจะถูกออกซิไดซ์ได้ง่ายโดยอากาศและถูกทำลาย ดังนั้นจึงมักทำให้แอนโทไซยานินอยู่ในสภาวะที่เป็นกรด (Henry, 1996) อีกทั้งการเลือกใช้กรดซิตริกในการสกัดเนื่องจากกรดซิตริกมีคุณสมบัติในการละลายน้ำดี มีกลิ่นรสเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค เป็นสารจับโลหะที่มีประสิทธิภาพสูง (ศิวาพร, 2546) มีความปลอดภัยและนิยมใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, ม.ป.ป.)

1.3 การศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมระหว่างดอกอัญชันแห้งต่อตัวทำละลายที่ใช้สกัดสารสี พบว่าการสกัดครั้งที่ 1 ที่อัตราส่วนการสกัด 1:50 ได้ปริมาณแอนโทไซยานินสูงสุด 219.11 มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง คิดเป็นร้อยละ 95 ของปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (228.75 มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง) เมื่อนำกากมาสกัดครั้งที่ 2 พบว่าปริมาณแอนโทไซยานินที่ได้จากการสกัดในแต่ละอัตราส่วนมีปริมาณน้อยมากและไม่แตกต่างกัน และเมื่อนำกากดอกอัญชันมาสกัดครั้งที่ 3 ก็ได้ผลเช่นเดียวกับการสกัดครั้งที่ 2 (ตารางที่ 7) โดยค่าสีและลักษณะของสารที่สกัดได้แสดงดังตารางที่ 8 และภาพที่ 2 สารสกัดครั้งที่ 3 มีค่าสี L* (ความสว่าง) มากกว่า สารสกัดครั้งที่ 2 และ 1 ในขณะที่สารสกัดครั้งที่ 3 มีค่าสี a* (สีแดง-สีเขียว) น้อยกว่า สารสกัดครั้งที่ 2 และ 1 นั่นคือสารสกัดของครั้งที่ 3 มีสีจางกว่าสารสกัดครั้งที่ 2 และ 1 ซึ่งความเข้มสีของสารสกัดมีความสัมพันธ์กับปริมาณแอนโทไซยานิน โดยสารสกัดที่มีสีเข้มจะมีปริมาณแอนโทไซยานินสูง จากผลการทดลอง จึงเลือกอัตราส่วนการสกัด 1:50 และทำการสกัดเพียง 1 ครั้ง เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการสกัดสารแอนโทไซยานิน

2. การสกัดสารสีจากแครอท โดยล้างทำความสะอาด หั่นสไลด์ ปั่นละเอียด นำไปสกัดแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ได้สารสกัดแครอทสีส้ม และนำไปทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำออก ได้สารสกัดแครอทเข้มข้น

กรมวิชาการเกษตร

มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 25 องศาบริกซ์ ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 35.11 13.68 และ 6.67 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.93 ปริมาณแคโรทีนอยด์ 22.00 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร

3. การสกัดสารสีจากใบเตย โดยล้างทำความสะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ปั่นละเอียด นำไปสกัดแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ได้สารสกัดใบเตยสีเขียวเข้ม สารสกัดใบเตยมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 4.9 องศาบริกซ์ ค่าสี L* a* และ b* เท่ากับ 27.17 2.35 และ -2.22 ตามลำดับ ค่าความเป็นกรดด่างเท่ากับ 5.39 ปริมาณคลอโรฟิลล์ 16.37 มิลลิกรัม/100 มิลลิลิตร

4. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอย

4.1 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดดอกอัญชัน

การศึกษาอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดจากดอกอัญชัน โดยนำสารสกัดผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 140 150 และ 160 องศาเซลเซียส ได้สีผงจากสารสกัดดอกอัญชันสีชมพู (ภาพที่ 5) สีผงที่ได้มีคุณภาพดังตารางที่ 9 กล่าวคือ สีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียสมีความชื้นน้อยกว่า ($p \leq 0.05$) สีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 และ 140 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีแนวโน้มเช่นเดียวกับค่าความชื้นคือ สีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยที่สุด รองลงมาคือ สีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 และ 140 องศาเซลเซียส ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการทำแห้งแบบพ่นฝอยจะส่งผลต่ออัตราการถ่ายเทความร้อนเข้าสู่อนุภาคมากขึ้นทำให้น้ำระเหยเร็วขึ้น ส่งผลให้ผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลงอย่างรวดเร็ว (Kha *et al.*, 2010) สำหรับปริมาณร้อยละผลผลิตที่ได้ของสีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 140 150 และ 160 องศาเซลเซียส มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 13.88-15.05 เมื่อนำสีผงที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ พบว่าสีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 140 150 และ 160 องศาเซลเซียส มีคุณภาพใกล้เคียงกัน คือ มีค่าสี L* อยู่ในช่วง 47.22-48.14 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 14.96-15.43 ค่าสี b* อยู่ในช่วง -3.77 ถึง -3.47 ค่าสี C* อยู่ในช่วง 15.41-15.81 และค่าสี h* อยู่ในช่วง 346.08-347.33 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 10.2-10.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 2.83-2.84 ค่าการละลายอยู่ในช่วง 95.45-96.43 และปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 43.98-45.55 มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง สำหรับการพิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยคำนึงถึงปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์เป็นหลัก เนื่องจากความชื้นมีผลต่ออายุการเก็บรักษา ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยสีผงจากดอกอัญชัน คือ อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดจากดอกอัญชัน โดยนำสารสกัดผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีชมพู (ภาพที่ 6) สีผงที่ได้มีคุณภาพดังตารางที่ 10 พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินมีผลต่อปริมาณความชื้นของสีผง โดยสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 มีความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตีน้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มมอลโตเด็กซ์ทรินจะไปเพิ่มปริมาณส่วนที่เป็นของแข็งและลดส่วนที่เป็นน้ำทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีค่าความชื้นลดลง (Kha *et al.,* 2010) แต่มีค่าร้อยละของผลผลิตที่ได้มากที่สุดใกล้เคียงกับสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 เมื่อนำสีผงที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ พบว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 มีสีเข้มกว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 และ 30 เนื่องจากมีค่าสี L* น้อยที่สุด ค่าสี a* (แดง-เขียว) และ ค่าสี C* (ความเข้มสี) มากกว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 และ 30 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 10.2-10.3 ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 2.76-2.83 สีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 มีค่าการละลายน้อยที่สุด แต่มีปริมาณแอนโทไซยานินมากที่สุด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้สีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 ยังมีความชื้นสูง สังเกตได้จากการจับตัวกันที่ข้างขวด สำหรับสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 มีปริมาณแอนโทไซยานินน้อยที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสีผงจากดอกอัญชัน

4.2 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดแครอท

การศึกษาอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดจากแครอท โดยนำสารสกัดแครอทผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 170 และ 180 องศาเซลเซียส ได้สีผงจากสารสกัดแครอทสีส้ม (ภาพที่ 7) สีผงที่ได้มีคุณภาพดังตารางที่ 11 กล่าวคือ สีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียสมีความชื้นน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับสีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 และ 170 องศาเซลเซียส ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีมีค่าใกล้เคียงกัน อยู่ในช่วง 0.27-0.28 และปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้ มีค่าอยู่ในช่วง 12.72-12.87 เมื่อนำสีผงที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ พบว่าสีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส มีปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับสีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส ในขณะที่สีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 180 องศาเซลเซียส มีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยสีผงจากแครอท คือ อุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส

กรมวิชาการเกษตร

การศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดจากแครอท โดยนำสารสกัดผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีส้ม (ภาพที่ 8) สีผงที่ได้มีคุณภาพดังตารางที่ 12 พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินมีผลต่อปริมาณความชื้นของสีผง โดยสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 มีความชื้นน้อยที่สุด เมื่อนำสีผงที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ พบว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 มีสีเข้มกว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 และ 30 ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 8.33-9.33 ค่าความเป็นกรด-ด่างอยู่ในช่วง 4.99-5.08 สีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 มีค่าการละลายน้อยที่สุด แต่มีปริมาณแคโรทีนอยด์มากที่สุด ($p \leq 0.05$) นอกจากนี้สีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 ยังมีความชื้นสูง สำหรับสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 มีปริมาณแคโรทีนอยด์น้อยที่สุด ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสีผงจากแครอท

4.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดใบเตย

การศึกษาอุณหภูมิลมร้อนเข้าที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดจากใบเตย โดยนำสารสกัดใบเตยผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินปริมาณร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยโดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส ได้สีผงจากสารสกัดใบเตยเป็นสีเขียว (ภาพที่ 9) สีผงที่ได้มีคุณภาพดังตารางที่ 13 กล่าวคือ สีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียสมีความชื้นน้อยที่สุด แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับสีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส นอกจากนี้สีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้าทั้ง 3 อุณหภูมิ มีปริมาณร้อยละของผลผลิตที่ได้ ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี ค่าสี ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ความเป็นกรดด่าง และการละลายมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ พบว่าสีผงที่ทำแห้งแบบพ่นฝอยด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุดแต่ไม่แตกต่างกับสีผงที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิลมร้อนเข้า 150 และ170 องศาเซลเซียส ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยสีผงจากใบเตย คือ อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส

การศึกษาปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินที่เหมาะสมในการทำแห้งแบบพ่นฝอยของสารสกัดจากใบเตย โดยนำสารสกัดผสมกับมอลโตเด็กซ์ทรินปริมาณร้อยละ 10 20 และ 30 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอย โดยใช้อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีเขียว (ภาพที่ 10) สีผงที่ได้มีคุณภาพดังตารางที่ 14 พบว่าการเพิ่มปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินมีผลต่อปริมาณความชื้นของสีผง โดยสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 30 มีความชื้นน้อยที่สุด เมื่อนำสีผงที่ได้วิเคราะห์คุณภาพ พบว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 มีสีเข้มกว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 และ 30 แต่มีค่าการละลายน้อยกว่าสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20

กรมวิชาการเกษตร

และ 30 เมื่อพิจารณาปริมาณคลอโรฟิลล์ของสีผง พบว่า สีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 มีปริมาณคลอโรฟิลล์มากที่สุด แต่ไม่แตกต่างกับสีผงที่ผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 ดังนั้นจึงพิจารณาเลือกปริมาณมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 เป็นปริมาณที่เหมาะสมสำหรับการผลิตสีผงจากใบเตย

จากการทดลองผลิตสีผงจากสารสกัดดอกอัญชัน แครอท และใบเตย ตามสภาวะที่เหมาะสม สีผงที่ได้มีองค์ประกอบทางเคมีและสารปนเปื้อนแสดงดังตารางที่ 15 โดยสีผงทั้ง 3 ชนิด มีปริมาณสารปนเปื้อนได้แก่ สารหนูและตะกั่ว อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเป็นไปตามข้อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานสำรหรับสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์ คือ มีปริมาณสารหนู ไม่เกิน 2 มิลลิกรัม/กิโลกรัม และปริมาณตะกั่ว ไม่เกิน 1 มิลลิกรัม/กิโลกรัม (สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา, ม.ป.ป.)

5. การประยุกต์ใช้สีผงในผลิตภัณฑ์อาหาร

5.1 การประยุกต์ใช้สีผงจากดอกอัญชันในผลิตภัณฑ์เยลลี่

จากการทดลองนำสีผงจากดอกอัญชันใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีลักษณะดังภาพที่ 11 มีคุณภาพดังตารางที่ 16 พบว่าการใส่สีผงปริมาณมากขึ้นไม่มีผลต่อปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั้ง 6 สูตร มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้อยู่ในช่วง 29.67-30.13 องศาบริกซ์ แต่การใส่สีผงปริมาณเพิ่มขึ้นมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง และค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ การใส่สีผงปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่างลดต่ำลง โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ใส่สีผง (ร้อยละ 0) มีค่าความเป็นกรด-ด่างสูงที่สุดแตกต่าง ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผง ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 2.5 มีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุดแต่ไม่แตกต่าง ($p > 0.05$) กับผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 1.5 และ 2.0 ปริมาณสีผงมีผลต่อค่าความเป็นกรด-ด่าง เนื่องจากในสีผงมีกรดซิตริกเป็นส่วนประกอบเพราะสกัดด้วยสารละลายกรดซิตริก ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงปริมาณมากจึงมีกรดซิตริกเป็นส่วนประกอบในผลิตภัณฑ์มากขึ้น ดังนั้นผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงปริมาณร้อยละ 2.5 จึงมีค่าความเป็นกรด-ด่างต่ำที่สุด ผลของปริมาณสีผงต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ พบว่าการใส่สีผงปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีสีเข้มขึ้น โดยค่าสี L* และ b* มีค่าลดลง ในขณะที่ค่าสี a* และ C* มีค่าเพิ่มขึ้น สำหรับค่าสี h* พบว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ ที่ใส่สีผงร้อยละ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5 มีค่าเฉดสีไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั้ง 4 สูตร (ร้อยละ 1.0 1.5 2.0 และ 2.5) แตกต่าง ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 0.5

นอกจากนี้ปริมาณสีผงที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์เยลลี่ยังมีผลต่อปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คือ ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงทั้ง 5 สูตร (ร้อยละ 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5) มีปริมาณสารสำคัญทั้ง 3 ชนิดแตกต่าง ($p \leq 0.05$) กับผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ใส่สีผง (ร้อยละ 0) และการใส่สีผงปริมาณที่เพิ่มขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีสารสำคัญเพิ่มขึ้นตามลำดับโดย

กรมวิทยาศาสตร์

ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 2.5 มีปริมาณสำคัญทั้ง 3 ชนิดมากที่สุด ($p \leq 0.05$) รองลงมาคือผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 2.0 1.5 1.0 และ 0.5 ตามลำดับ และตรวจไม่พบสารแอนโทไซยานินในผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ใส่สีผงดอกอัญชัน (ตารางที่ 17)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากดอกอัญชัน แสดงในตารางที่ 18 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงมากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ใส่สีผง โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 1.5 2.0 และ 2.5 มีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างกัน ($p > 0.05$) แต่ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 2.5 มีคะแนนความชอบด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภคและปริมาณสารสำคัญของผลิตภัณฑ์ จึงเลือกสูตรที่ผสมสีผงร้อยละ 2.5 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่

5.2 การประยุกต์ใช้สีผงจากแครอทในผลิตภัณฑ์เยลลี่

จากการทดลองนำสีผงจากแครอทใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์เยลลี่ ได้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีลักษณะดังภาพที่ 12 มีคุณภาพดังตารางที่ 19 พบว่า การใส่สีผงมีผลต่อค่าสีของผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยการใส่สีผงปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีค่าสี a* (แดง-เขียว) เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าสี b* (เหลือง-น้ำเงิน) มีค่าลดลง สำหรับปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ของผลิตภัณฑ์เยลลี่ทั้ง 5 สูตร มีค่าใกล้เคียงกัน

นอกจากนี้ปริมาณสีผงที่ใส่ลงในผลิตภัณฑ์เยลลี่ยังมีผลต่อปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ คือ ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงแครอทมีปริมาณแคโรทีนอยด์และความสามารถต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ใส่สีผงแครอท โดยการใส่สีผงแครอทปริมาณเพิ่มขึ้น มีผลทำให้ผลิตภัณฑ์เยลลี่มีปริมาณแคโรทีนอยด์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH เพิ่มขึ้นตามลำดับ ($p \leq 0.05$) (ตารางที่ 20)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากแครอท แสดงในตารางที่ 21 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงมากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ใส่สีผง โดยผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 1.0 1.50 และ 2.0 มีคะแนนความชอบทุกด้านมากกว่าผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ไม่ใส่สีผง แต่ผลิตภัณฑ์เยลลี่ที่ใส่สีผงร้อยละ 1.0 มีคะแนนความชอบด้านลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้นเมื่อพิจารณาจากคะแนนการยอมรับของผู้บริโภค จึงเลือกสูตรที่ผสมสีผงร้อยละ 1.0 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์เยลลี่จากสีผงแครอท

กรมวิชาการเกษตร

5.3 การประยุกต์ใช้สีผงจากใบเตยในผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา

จากการทดลองนำสีผงจากใบเตยใช้เป็นส่วนผสมในผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา ได้ผลิตภัณฑ์ครีมสังขยามีลักษณะดังภาพที่ 13 มีคุณภาพดังตารางที่ 22 พบว่าการใส่สีผงปริมาณมากขึ้นมีผลทำให้ผลิตภัณฑ์ครีมสังขยามีค่าสี a* (แดง-เขียว) ลดลง (ผลิตภัณฑ์มีสีเขียวเข้มขึ้น) ค่าสี L* (ความสว่าง) และ ค่าสี b* (เหลือง-น้ำเงิน) ลดง เมื่อพิจารณาปริมาณสารสำคัญของผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา พบว่า ผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาที่ใส่สีผงปริมาณมากขึ้นจะมีปริมาณสารสำคัญเพิ่มขึ้นตามลำดับ (ตารางที่ 23)

การทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาผสมสีผงจากใบเตย แสดงในตารางที่ 24 พบว่าผู้บริโภคให้การยอมรับผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาที่ใส่สีผงมากกว่าผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาที่ไม่ใส่สีผง ทั้งนี้เนื่องจากสีผงจากใบเตยมีกลิ่นหอมของใบเตย กลิ่นของสีผงใบเตยจึงช่วยลดกลิ่นไข่ของผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา โดยผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาที่ใส่สีผงร้อยละ 1.5 2.0 และ 2.5 มีคะแนนความชอบทุกด้านไม่แตกต่างกัน แต่ผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาที่ใส่สีผงร้อยละ 2.0 มีคะแนนความชอบด้านสี รสชาติ และความชอบโดยรวมสูงที่สุด ดังนั้น จึงพิจารณาเลือกสูตรที่ผสมสีผงร้อยละ 2.0 เป็นสูตรที่เหมาะสมในการผลิตผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาผสมสีผงจากใบเตย

6. การศึกษาอายุการเก็บรักษาสีผง

6.1 การศึกษาอายุการเก็บรักษาสีผงจากดอกอัญชัน โดยบรรจุในถุงพลาสติกซิปล็อคและใส่ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแสง เก็บรักษานาน 12 เดือน สีผงมีลักษณะดังภาพที่ 14

จากการทดลองพบว่า อายุการเก็บรักษามีผลต่อค่าสีของสีผง ตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ค่าสี L* มีแนวโน้มลดลง มีค่าอยู่ในช่วง 52.39–57.36 ค่าสี a* อยู่ในช่วง 14.92-16.45 ค่าสี b* อยู่ในช่วง (-2.69)-(-1.15) ค่าสี C* อยู่ในช่วง 14.96-16.61 และ ค่าสี h* อยู่ในช่วง 350.48-355.59 สำหรับค่าสีพิจารณาจากค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (ΔE) ถ้า ΔE มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 2.3 ถือว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (Sharma, 2003) เมื่อพิจารณาค่า ΔE ที่อายุการเก็บรักษา 1-6 เดือน พบว่า มีค่าน้อยกว่า 2.3 แสดงว่าค่าสีของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 1-6 เดือน ไม่แตกต่างกับค่าสีของสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) เมื่อเก็บรักษานานตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป พบว่า ΔE มีค่ามากกว่า 2.3 แสดงว่าค่าสีของสีผงที่อายุการเก็บรักษาตั้งแต่ 8 เดือนขึ้นไป มีค่าสีแตกต่างกับค่าสีของสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) (ตารางที่ 25)

จากตารางที่ 26 แสดงคุณภาพด้านความชื้น ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี และค่าการละลายของสีผง โดยคุณภาพด้านความชื้น พบว่าเมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นเวลานานขึ้นมีผลทำให้ความชื้นมีค่าเพิ่มขึ้น สีผงมีความชื้นเริ่มต้น (0 เดือน) ร้อยละ 4.31 เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 2 เดือน สีผงมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น

กรมวิชาการเกษตร

ร้อยละ 4.66 แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) กับเริ่มต้น และเมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นเวลา 12 เดือน สีผงมีความชื้นเพิ่มขึ้นเป็น 6.71 แตกต่างกับ ($p\leq0.05$) สีผงเริ่มต้น

ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร เนื่องจากค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเป็นปัจจัยที่ชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต จากการเก็บรักษาสีผงเป็นเวลานานขึ้นมีผลทำให้ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้น โดยที่อายุการเก็บรักษา 6 เดือน มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้นเป็น 0.305 แต่ไม่แตกต่าง ($p>0.05$) จากเริ่มต้น (0 เดือน มีค่า 0.255) และเมื่อเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 12 เดือน สีผงมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเพิ่มขึ้นเป็น 0.372 แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง เช่น ธัญชาติ นมผง และกาแฟ ซึ่งต้องมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.6 (ปรียาและสุดสาย, 2546)

การละลายของสีผง พบว่าเมื่อเก็บรักษาสีผงเป็นเวลานานขึ้น มีผลทำให้การละลายของสีผงมีค่าลดลง โดยที่อายุการเก็บรักษา 2 เดือน มีค่าการละลายลดลงแต่ไม่แตกต่างกับเริ่มต้น (0 เดือน) แต่เมื่อพิจารณาค่าการละลายของสีผงที่ลดลงจากร้อยละ 98.71 (0 เดือน) เป็นร้อยละ 93.56 (12 เดือน) คิดเป็นลดลงร้อยละ 5.21 ซึ่งสีผงยังคงละลายในน้ำได้ดี สำหรับค่าความเป็นกรด-ด่างของสีผง เมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 0-12 เดือน มีค่าอยู่ในช่วง 2.26-2.45

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าอายุการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสารสำคัญ คือเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสารสำคัญลดลง (ตารางที่ 27) สีผงที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณสารสำคัญทั้ง 3 ชนิด ลดลงแตกต่าง ($p\leq0.05$) กับสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) โดยที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน สารสำคัญแต่ละชนิดมีปริมาณลดลง คือ ปริมาณแอนโทไซยานิน ลดลงเหลือ 28.70 มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ /100 กรัม คิดเป็นลดลงร้อยละ 28.29 เมื่อเทียบกับเริ่มต้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ลดลงเหลือ 434.24 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัม คิดเป็นลดลงร้อยละ 37.46 และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ลดลงเหลือ 166.34 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/100 กรัม) คิดเป็นลดลงร้อยละ 34.57

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน (ตารางที่ 28) พบว่าสีผงมีปริมาณ *Clostridium perfringens*, Molds, *Staphylococcus aureus* และ Yeasts น้อยกว่า 10 CFU/g ปริมาณ *Escherichia coli* น้อยกว่า 3.0 MPN/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp.

6.2 การศึกษาอายุการเก็บรักษาสีผงจากแครอท โดยบรรจุในถุงพลาสติกซิปล็อคและใส่ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแสง เก็บรักษานาน 12 เดือน สีผงมีลักษณะดังภาพที่ 15

กรมวิชาการเกษตร

จากการทดลองพบว่า อายุการเก็บรักษามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีของสีผงจากแครอท โดยพิจารณาค่าสีจากค่าความแตกต่างของสีโดยรวมระหว่างตัวอย่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (ΔE) ถ้า ΔE มีค่าเท่ากับหรือมากกว่า 2.3 ถือว่าตัวอย่างมีความแตกต่างกับตัวอย่างมาตรฐาน (Sharma, 2003) เมื่อพิจารณาค่า ΔE พบว่า สีผงที่เก็บรักษาเป็นเวลา 2-6 เดือน มีค่า ΔE น้อยกว่า 2.3 (ตารางที่ 29) แสดงว่ามีค่าสีไม่แตกต่างกับสีผงเริ่มต้น (0 เดือน)

จากตารางที่ 30 พบว่า การเก็บรักษาสีผงเป็นเวลานานขึ้นทำให้ความชื้นและค่าวอเตอร์แอกทิวิตี มีค่าเพิ่มขึ้น แต่การละลายมีค่าลดลง โดยความชื้นของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 2-6 เดือน มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างจากสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 2-4 เดือน มีค่าเพิ่มขึ้นแต่ไม่แตกต่างจากสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) และที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน มีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีเท่ากับ 0.30 ซึ่งแตกต่างกับสีผงเริ่มต้น แต่ยังอยู่ในเกณฑ์ของผลิตภัณฑ์อาหารแห้ง ซึ่งต้องมีค่าวอเตอร์แอกทิวิตีต่ำกว่า 0.6 (ปรียาและสุดสาย, 2546) สำหรับการละลายของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 2-10 เดือน มีค่าลดลง แต่ไม่แตกต่างจากเริ่มต้น (0 เดือน)

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณแคโรทีนอยด์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าอายุการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสารสำคัญ คือเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสารสำคัญลดลง (ตารางที่ 31) สีผงที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณสารสำคัญทั้ง 3 ชนิด ลดลงแตกต่าง ($p \leq 0.05$) กับสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) โดยที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน สารสำคัญแต่ละชนิดมีปริมาณลดลง คือ ปริมาณแคโรทีนอยด์ ลดลงเหลือ 7.51 มิลลิกรัม/100 กรัม คิดเป็นลดลงร้อยละ 16.46 เมื่อเทียบกับเริ่มต้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ลดลงเหลือ 139.88 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัม คิดเป็นลดลงร้อยละ 22.42 และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ลดลงเหลือ 42.35 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/100 กรัม) คิดเป็นลดลงร้อยละ 37.57

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน (ตารางที่ 32) พบว่าปริมาณ Yeasts ของสีผงมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อเก็บรักษานานขึ้น สีผงที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน มี *Clostridium perfringens*, Molds, *Staphylococcus aureus* และYeasts น้อยกว่า 10 CFU/g ปริมาณ *Escherichia coli* น้อยกว่า 3.0 MPN/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp.

6.3 การศึกษาอายุการเก็บรักษาสีผงจากใบเตย โดยบรรจุในถุงพลาสติกซิปล็อคและใส่ในถุงอะลูมิเนียมฟอยล์เพื่อป้องกันแสง เก็บรักษานาน 12 เดือน สีผงมีลักษณะดังภาพที่ 16

กรมวิชาการเกษตร

จากตารางที่ 33 เมื่อพิจารณาค่า ΔE พบว่า ตลอดอายุการเก็บรักษา 12 เดือน ค่า ΔE มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น แต่ไม่เกิน 2.30 แสดงว่าค่าสีผงจากใบเตยมีการเปลี่ยนแปลงแต่ถือว่าไม่แตกต่างกับเริ่มต้น

จากตารางที่ 34 พบว่า การเก็บรักษาสีผงเป็นเวลานานขึ้นทำให้ความชื้นเพิ่มขึ้น แต่การละลายมีค่าลดลง โดยความชื้นของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 2-12 เดือน มีค่าเพิ่มขึ้นแตกต่างจากสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) ค่าวอเตอร์แอกทิวิตีของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน มีค่าไม่แตกต่างกัน สำหรับการละลายของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 2-8 เดือน มีค่าลดลง แต่ไม่แตกต่างจากเริ่มต้น (0 เดือน)

การวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่าอายุการเก็บรักษามีผลต่อปริมาณสารสำคัญ คือเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลานานขึ้นมีผลทำให้ปริมาณสารสำคัญลดลง (ตารางที่ 35) สีผงที่เก็บรักษาเป็นเวลา 12 เดือน มีปริมาณสารสำคัญทั้ง 3 ชนิด ลดลงแตกต่าง ($p \leq 0.05$) กับสีผงเริ่มต้น (0 เดือน) โดยที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน สารสำคัญแต่ละชนิดมีปริมาณลดลง คือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ ลดลงเหลือ 7.51 มิลลิกรัม/100 กรัม คิดเป็นลดลงร้อยละ 19.91 เมื่อเทียบกับเริ่มต้น ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ลดลงเหลือ 171.03 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัม คิดเป็นลดลงร้อยละ 49.83 และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ลดลงเหลือ 43.25 มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/100 กรัม) คิดเป็นลดลงร้อยละ 41.61

การวิเคราะห์คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของสีผงที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน (ตารางที่ 36) สีผงที่อายุการเก็บรักษา 12 เดือน มี *Clostridium perfringens*, Molds, *Staphylococcus aureus* และYeasts น้อยกว่า 10 CFU/g ปริมาณ *Escherichia coli* น้อยกว่า 3.0 MPN/g และตรวจไม่พบ *Salmonella* spp.

7. การคำนวณต้นทุนการผลิตสีผง

การผลิตสีผงจากดอกอัญชัน

ขั้นตอนการผลิตสีผงจากดอกอัญชัน คือ นำดอกอัญชันแห้ง 960 กรัม สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.15 โมลาร์ ปริมาตร 48 ลิตร ต้มสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที สารสกัดที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 3.5 องศาบริกซ์ นำสารสกัดที่ได้ทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำออกให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 8 องศาบริกซ์ ได้สารสกัดเข้มข้นปริมาตรประมาณ 10 ลิตร ผสมกับมอลโตเด็กซ์ทริน 2,500 กรัม นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยได้สีผงประมาณ 1,250 กรัม โดยมีต้นทุนการผลิตได้ดังนี้

กรมวิชาการเกษตร

รายการ	ปริมาณ	จำนวนเงิน
ดอกอัญชันแห้ง (400 บาท/กก.)	1 กก.	400 บาท
กรดซิตริก (70 บาท/กก.)	1.5 กก.	105 บาท
มอลโตเด็กซ์ทริน DE10 (70 บาท/กก.)	2.5 กก.	175 บาท
รวม		680 บาท

หมายเหตุ : ยังไม่รวม - ค่าแก๊สในการต้มสกัดสารสีดอกอัญชัน 30 นาที

- ค่าไฟฟ้าในการระเหยสารสกัดให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 8 องศาบริกซ์ 40 ชั่วโมง โดยเครื่องระเหยสุญญากาศในห้องปฏิบัติการ
- ค่าไฟฟ้าในการทำแห้งแบบพ่นฝอย 25 ชั่วโมง โดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยในห้องปฏิบัติการ

การผลิตสีผงจากแครอท

ขั้นตอนการผลิตสีผงจากแครอท คือ แครอท 60 กิโลกรัม ล้างทำความสะอาด หั่นสไลด์ด้วยเครื่องหั่นผัก บดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง นำไปแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ได้สารสกัดแครอทสีส้ม สารสกัดที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ประมาณ 8 องศาบริกซ์ นำสารสกัดที่ได้ทำให้เข้มข้นโดยการระเหยน้ำออกให้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ 25 องศาบริกซ์ ได้สารสกัดเข้มข้นปริมาตรประมาณ 10 ลิตร ผสมกับมอลโตเด็กซ์ทริน 2,500 กรัม นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยได้สีผงประมาณ 1,250 กรัม โดยมีต้นทุนการผลิตได้ดังนี้

รายการ	ปริมาณ	จำนวนเงิน
แครอท (25 บาท/กก.)	60 กก.	1,500 บาท
มอลโตเด็กซ์ทริน DE10 (70 บาท/กก.)	2.5 กก.	175 บาท
รวม		1,675 บาท

หมายเหตุ : ยังไม่รวม - ค่าไฟฟ้าในการหั่นสไลด์ด้วยเครื่องหั่นผัก 30 นาที

- ค่าไฟฟ้าในการบดตัวอย่างด้วยเครื่องบดตัวอย่าง 2 ชั่วโมง
- ค่าไฟฟ้าในการแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ 2 ชั่วโมง
- ค่าไฟฟ้าในการทำแห้งแบบพ่นฝอย 25 ชั่วโมง โดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยในห้องปฏิบัติการ

กรมวิชาการเกษตร

การผลิตสีผงจากใบเตย

ขั้นตอนการผลิตสีผงจากใบเตย คือ ใบเตย 40 กิโลกรัม ล้างทำความสะอาด ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ บดด้วยเครื่องบดตัวอย่าง นำไปแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ได้สารสกัดใบเตยสีเขียวปริมาตรประมาณ 10 ลิตร ผสมกับมอลโตเด็กซ์ทริน 2,500 กรัม นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยได้สีผงประมาณ 1,250 กรัม โดยมีต้นทุนการผลิตได้ดังนี้

รายการ	ปริมาณ	จำนวนเงิน
ใบเตย (25 บาท/กก.)	40 กก.	1,000 บาท
มอลโตเด็กซ์ทริน DE10 (70 บาท/กก.)	2.5 กก.	175 บาท
รวม		1,175 บาท

หมายเหตุ : ยังไม่รวม - ค่าไฟในการบดตัวอย่างด้วยเครื่องบดตัวอย่าง 2 ชั่วโมง
- ค่าไฟฟ้าในการแยกกากด้วยเครื่องคั้นน้ำผลไม้ 2 ชั่วโมง
- ค่าไฟฟ้าในการทำแห้งแบบพ่นฝอย 25 ชั่วโมง โดยเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยในห้องปฏิบัติการ

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การผลิตสีผงจากสารสกัดอัญชัน ทำการสกัดสารสำคัญด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้น 0.15 โมลาร์ อัตราส่วนดอกอัญชัน 1 ส่วน ต่อ สารละลายกรดซิตริก 50 ส่วน (น้ำหนักต่อปริมาตร) ทำการสกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 30 นาที นำสารสกัดที่ได้ระเหยน้ำออกให้สารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเท่ากับ 8 องศาบริกซ์ จากนั้นผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีชมพู สีผงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 2.5 โดยน้ำหนักของส่วนผสม

การผลิตสีผงจากสารสกัดแครอท ทำการสกัดแครอทด้วยเครื่องแยกกาก นำสารสกัดที่ได้ระเหยน้ำออกให้สารสกัดมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเท่ากับ 25 องศาบริกซ์ จากนั้นผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 170 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีส้ม สีผงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์เยลลี่ โดยปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 1.0 โดยน้ำหนักของส่วนผสม

การผลิตสีผงจากสารสกัดใบเตย ทำการสกัดใบเตยด้วยเครื่องแยกกาก สารสกัดที่ได้มีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำเท่ากับ 5 องศาบริกซ์ จากนั้นผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 20 โดยน้ำหนัก นำไปทำแห้งแบบพ่นฝอยที่อุณหภูมิลมร้อนเข้า 160 องศาเซลเซียส ได้สีผงเป็นสีเขียวและมีกลิ่นหอมใบเตย สีผงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้ในผลิตภัณฑ์ครีมสังขยา โดยปริมาณที่เหมาะสมคือร้อยละ 2.0 โดยน้ำหนักของส่วนผสม

กรมวิชาการเกษตร

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

สามารถนำเทคโนโลยีการสกัดสารสำคัญและการผลิตสีผงไปประยุกต์ใช้ในการสกัดและผลิตสีผงจากพืชธรรมชาติอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกันได้ เผยแพร่ให้แก่ผู้สนใจนำไปผลิตในเชิงพาณิชย์

สำหรับการใช้สีผงจากดอกอัญชันที่ผลิตได้จากระบวนนี้ สีผงที่ได้มีรสเปรี้ยวจึงเหมาะกับผลิตภัณฑ์ที่ต้องการรสเปรี้ยว เช่น เยลลี่ น้ำอัญชันพร้อมดื่ม ไอศกรีมซอร์เบท นอกจากนี้ค่าความเป็นกรดด่างมีผลต่อสีของสารแอนโทไซยานิน ดังนั้นสีของผลิตภัณฑ์แปรรูปจะเปลี่ยนไปขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดด่างของผลิตภัณฑ์นั้นๆ

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี)

ขอขอบคุณ ดร.จรัญ ดิษฐไชยวงศ์ ให้ความอนุเคราะห์เมล็ดพันธุ์อัญชันเพื่อนำมาปลูกเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการทำงานวิจัย

12. เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร, ม.ป.ป. คำแนะนำที่ 120 เรื่องสีผสมอาหารจากธรรมชาติ. กลุ่มงานเคหกิจเกษตร กองพัฒนาการบริหารงานเกษตร. 22 หน้า.

กิติมา เหมวงษา. 2549. การพัฒนาการผลิตผงสีจากแครอตและการนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 168 หน้า.

ขนิจศากรณ์ เสรีสงแสง. 2553. การผลิตสีธรรมชาติจากใบข้าวอ่อนและการใช้ประโยชน์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพัฒนาผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 124 หน้า.

โครงการศูนย์ข้อมูลสมุนไพร. 2532. จุลสารข้อมูลสมุนไพร. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ปีที่ 7 ฉบับที่ 1. หน้า 5.

จรัญ ดิษฐไชยวงศ์, เสงี่ยม แจ่มจำรูญ, สุภาภรณ์ สาชาติ, ศรีสุดา โท้ทอง และ มัลลิกา รักษ์ธรรม. ม.ป.ป. การคัดเลือกและเปรียบเทียบพันธุ์อัญชัน. แหล่งที่มา: http://doa.go.th/research/attachment.php?aid=2493, 11 กรกฎาคม 2562.

เจริญ วงศ์อริยะกวี และอรุณ ศรวณียารักษ์. 2530. การเตรียมแยกสีจากใบเตยหอม ใบกุ่ยฉ่าย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. กรุงเทพฯ.

กรมวิชาการเกษตร

เดลินิวส์. 2563. ลุยต่อเปิดตลาดดอกอัญชันเข้าอินโดฯ. วันที่: เสาร์ 9 พฤษภาคม 2563. ฉบับที่: 25776.

ปรียา วิบูลย์เศรษฐ์ และสุดสาย ตรีวานิช. 2546. จุลินทรีย์ในอาหาร, น.48-74. ใน วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.

พรพิมล เลี้ยงสุทธิสกนธ์. 2545. เยลลี่กระเจี๊ยบแดง, น. 52-55. ใน คู่มือการแปรรูปผักและผลไม้. โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด, กรุงเทพฯ.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และ นิธิยา รัตนาปนนท์. ม.ป.ป. มอลโตเด็กซ์ทริน. แหล่งที่มา: http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/1914/maltodextrin, 11 กรกฎาคม 2562.

ศิวาพร ศิวเวชช. 2546. วัตถุเจือปนอาหาร เล่ม 1. โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. 380 หน้า.

เวณิกา เบ็ญจพงษ์ อาณดี นิติธรรมยง และ จักรกฤษณ์ สกลกิจติณภากุล. ม.ป.ป. สีสันในอาหาร. แหล่งที่มา: http://www.arda.or.th/ebook_flipbook.php?book_id=17, 11 กรกฎาคม 2562.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. ม.ป.ป. ข้อกำหนดคุณภาพหรือมาตรฐานสำหรับสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์. แหล่งที่มา: http://www.fda.moph.go.th/sites/food/FoodAdditives/Extract-from-the-Plant-or-Animal.pdf, 11 มกราคม 2562.

สำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา. 2561. บัญชีรายชื่อพืชหรือสัตว์ที่อนุญาตให้นำมาใช้ทำสารสกัดให้สีจากส่วนของพืชหรือสัตว์. แหล่งที่มา: http://www.fda.moph.go.th/sites/food/FoodAdditives/ListOfPlants.pdf, 11 มกราคม 2562.

สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศฮ่องกง. ม.ป.ป. รายงานการตลาด: โอกาสของสินค้าสมุนไพรในฮ่องกง. แหล่งที่มา: https://www.ditp.go.th/contents_attach/160350/160350.pdf, 11 พฤศจิกายน 2562.

สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. ม.ป.ป. กรดซิตริก. แหล่งที่มา: http://www.ocsb.go.th/upload/journal/fileupload/146-6034.pdf, 11 พฤศจิกายน 2562.

Ahmed, M., Mst. S. Akter, J-C. Lee and J-B. Eun. 2010. Encapsulation by spray drying of bioactive components, physicochemical and morphological properties from purple sweet potato. Food Science and Technology. 43: 1307-1312.

Angkana, T., W. Pornpen, J. Pacharaporn and M. Kasorn. 2008. Preparation and stability of butterfly pea color extract loaded in microparticles prepared by spray drying. Thai J. Pharm. Sci. 32: 59-69.

Dennis, D. M. 1998. Food Chemistry A Laboratory Manual. John Wiley & Sons Inc. USA.

กรมวิชาการเกษตร

Díaz-Bandera, D., A. Villanueva-Carvajal, O. Dublán-García, B. Quintero-Salazar and A. Dominguez-Lopez. 2015. Assessing release kinetics and dissolution of spray-dried Roselle (Hibiscus sabdariffa L.) extract encapsulated with different carrier agents. Food Science and Technology. 64(2): 693-698.

Giusti, M.M. and R. E. Wrolstad. 2005. Characterization and measurement of anthocyanins by UV-Visible spectroscopoy, pp. 19-31. *In* R.E. Wrolstad, T.E. Acree, E.A. Decker, M. H. Penner, D.S. Reid, S.J. Schwartz, C.F. Shoemaker, D. Smith and P. Sporns, eds. Handbook of Food Analytical Chemistry. Wiley-Interscience, Hoboken, New Jersey.

Henry, B.S. 1996. Natural Food Colours, pp. 39-77. *In* G.A.F. Hendry and J.D. Houghton (eds.). Natural Food Colorants. Blackie, Glassgow.

Kha, T.C., M.H. Nguyen and P.D. Roach. 2010. Effects of spray drying conditions on the physicochemical and antioxidant properties of the Gac (*Momordica cochinchinensis*) fruit aril powder. Journal of Food Engineering. 98: 385-392.

Loh, S.K., Y.B. Che Man, C.P. Tan, A. Osman and N.S.A. Hamid. 2005. Process optimization of encapsulated pandan (Pandanus amaryllifolius) powder using spray-drying method. J. Sci Food Agric. 85: 1999-2004.

Marpaung, A.M., N. Andarwulan and E. Prangdimurti. 2013. The optimization of anthocyanin pgment extraction from butterfly pea (*Clitoria ternatea* L.) petal using response surface methodology. Acta Hort. 1011: 205-211

Santiago, M.C.P.A., R.I. Nogueira, D.R.S.F. Paim, A.C.M.S. Gouvêa, R.L.O. Godoy, F.M. Peixoto, S. Pacheco and S.P. Freitas. 2016. Effects of encapsulating agents on anthocyanin retention in pomegranate powder obtained by the spray drying process. Food Science and Technology. 73: 551-556.

Shahidi, F. and M. Naczk. 2004. Phenolics in food and nutraceuticals. CRC Press, New York.

Sharma, G. 2003. Digital color imaging. CRC Press, New York.Szalóki-Dorkó, L., G. Végvári, M. Ladányi, G. Ficzek and M. Stéger-Máte. 2015. Degradation of anthocyanin content in sour cherry juice during heat treatment. Food Technol. Biotechnol. 53 (3): 354-360.

Szalóki-Dorkó, L., G. Végvári, M. Ladányi, G. Ficzek and M. Stéger-Máte. 2015. Degradation of anthocyanin content in sour cherry juice during heat treatment. Food Technol. Biotechnol. 53 (3): 354-360.

13. ภาคผนวก

ตารางที่ 4 ปริมาณแอนโทไซยานินของสารสกัดจากดอกอัญชัน (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัมน้ำหนักแห้ง)

อุณหภูมิ	ระยะเวลาในการสกัด (นาที)				
(องศาเซลเซียส)	30	40	50	60	ค่าเฉลี่ย
30	239.36	224.57	218.82	227.87	227.65 c
40	229.22	232.57	231.26	218.54	227.90 c
50	254.39	257.08	245.04	249.49	251.50 ab
60	258.86	253.76	249.71	258.56	255.22 a
70	244.51	241.17	250.97	259.99	249.16 ab
80	232.19	234.96	232.77	242.65	235.64 bc
90	240.56	239.56	241.37	238.12	239.90 abc
ค่าเฉลี่ย	242.73	240.52	238.56	242.17	241.00

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 5 ปริมาณแอนโทไซยานินของดอกอัญชันแห้งที่สกัดด้วยกรดชนิดต่างๆ

ชนิดกรด	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
กรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์	1.23	230.55 a
กรดอะซิติก 0.1 โมลาร์	2.73	212.86 b

กรมวิชาการเกษตร

กรดซิตริก 0.1 โมลาร์	2.14	237.41 a
น้ำกลั่น	6.14	232.25 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 6 ปริมาณแอนโทไซยานินของดอกอัญชันแห้งที่สกัดด้วยสารละลายกรดซิตริกความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นของกรดซิตริก	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)
0.00 โมลาร์ (น้ำกลั่น)	6.14	220.95 bc
0.05 โมลาร์	2.29	216.36 c
0.10 โมลาร์	2.14	229.13 b
0.15 โมลาร์	2.07	243.56 a
0.20 โมลาร์	2.00	244.67 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 7 ปริมาณแอนโทไซยานินของดอกอัญชันแห้งที่สกัดด้วยอัตราส่วนต่างๆ

อัตราส่วน	ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)			
	สกัดครั้งที่ 1	สกัดครั้งที่ 2	สกัดครั้งที่ 3	รวม
1:20	204.35 c	8.27 a	0.93 a	213.56
1:30	206.13 c	12.95 a	1.33 a	220.41
1:40	212.45 b	11.17 a	1.04 a	224.66
1:50	219.11 a	8.92 a	0.72 a	228.75
1:60	212.09 b	11.96 a	1.04 a	225.09

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 8 ค่าสีของสารสกัดจากดอกอัญชันที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:50

ลำดับครั้งการสกัด	ค่าสี L*	ค่าสี a*	ค่าสี b*	C*	h*
1	25.53	4.94	-4.61	6.76	316.98
2	28.28	3.72	-3.80	5.32	314.39
3	30.41	2.51	-3.57	4.36	305.11

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 9 คุณภาพของสีผงจากสารสกัดดอกอัญชันที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 140 150 และ 160 องศาเซลเซียส

คุณภาพ	อุณหภูมิการทำแห้ง (องศาเซลเซียส)		
	140	150	160
ความชื้น (ร้อยละ)	5.74 b	5.30 b	4.80 a
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	0.253±0.010	0.224±0.007	0.206±0.008
ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	13.88±0.16	14.07±0.67	15.05±1.13
ค่าสี L*	47.50±0.19	48.14±0.11	47.22±0.20
a*	15.23±0.10	14.96±0.10	15.43±0.13
b*	-3.77±0.03	-3.66±0.03	-3.47±0.02
C*	15.68±0.07	15.41±0.02	15.81±0.13
h*	346.08±0.08	346.25±0.09	347.33±0.05
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	10.2±0.2	10.3±0.1	10.3±0.1
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	2.83±0.15	2.83±0.20	2.84±0.12
ค่าการละลาย (ร้อยละ)	95.45±0.42	96.39±0.61	96.43±0.07
ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)	45.55 a	44.97 a	43.98 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแถว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 10 คุณภาพของสีผงจากสารสกัดดอกอัญชันผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 และ 30

คุณภาพ	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน (ร้อยละ)		
	10	20	30
ความชื้น (ร้อยละ)	8.61 c	4.46 b	3.25 a
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	0.302±0.053	0.280±0.002	0.200±0.008
ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	9.63±0.81	16.02±0.22	16.49±0.40
ค่าสี L*	44.93±0.18	46.32±0.06	47.95±0.07
a*	16.68± 0.14	15.67±0.11	14.75±0.01
b*	-2.71±0.03	-3.08±0.03	-3.22±0.01
C*	16.90±0.13	15.96±0.10	15.10±0.01
h*	350.79±0.17	348.89±0.16	347.71±0.02

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	10.2±0.2	10.3±0.1	10.2±0.3
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	2.76±0.13	2.77±0.11	2.83±0.21
ค่าการละลาย (ร้อยละ)	91.93±2.58	97.13±0.16	97.19±0.65
ปริมาณแอนโทไซยานิน	71.24 a	42.45 b	28.30 c
(มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม น้ำหนักแห้ง)			

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแถว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 11 คุณภาพของสีผงจากสารสกัดแครอทที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 160 170 และ 180 องศาเซลเซียส

คุณภาพ	อุณหภูมิการทำแห้ง (องศาเซลเซียส)		
	160	170	180
ความชื้น (ร้อยละ)	3.19 a	3.04 a	2.98 a
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	0.28±0.01	0.28±0.01	0.27±0.01
ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	12.72±1.78	12.87±1.03	12.73±0.75
ค่าสี L*	34.44±0.44	34.41±0.22	34.84±0.86
a*	8.26±1.00	8.43±0.89	7.41±1.12
b*	6.95±0.61	7.33±0.56	7.04±0.58
C*	10.84±1.16	11.18±0.99	10.23±1.16
h*	40.17±1.59	41.55±2.56	43.74±2.82
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	9.22±0.56	9.24±0.20	9.80±1.25
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	5.28±0.04	5.28±0.02	5.19±0.04
ค่าการละลาย (ร้อยละ)	77.15±8.38	77.84±8.88	79.79±7.89
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)	62.23 a	61.68 a	51.50 b

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแถว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 12 คุณภาพของสีผงจากสารสกัดแครอทผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 และ 30

คุณภาพ	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน (ร้อยละ)		
	10	20	30
ความชื้น (ร้อยละ)	5.24 b	3.13 a	2.80 a
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	0.29±0.01	0.28±0.01	0.28±0.01
ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	8.76±1.15	12.64±0.29	15.76±1.67

กรมวิชาการเกษตร

ค่าสี L*	34.56±0.47	34.92±0.57	34.87±0.64
a*	7.81± 0.39	7.54±0.97	6.83±0.97
b*	6.77±0.57	7.26±0.36	6.94±0.76
C*	10.34±0.62	10.48±0.89	9.74±1.17
h*	40.84±1.78	44.06±2.92	45.55±2.38
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	8.33±0.44	9.33±0.62	9.31±0.48
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.99±0.05	5.05±0.19	5.08±0.16
ค่าการละลาย (ร้อยละ)	70.87±2.78	74.63±7.51	80.08±7.54
ปริมาณแคโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)	56.75 a	43.68 b	29.85 c

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแถว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 13 คุณภาพของสีผงจากสารสกัดใบเตยที่ทำแห้งด้วยอุณหภูมิ 150 160 และ 170 องศาเซลเซียส

คุณภาพ	อุณหภูมิการทำแห้ง (องศาเซลเซียส)		
	150	160	170
ความชื้น (ร้อยละ)	3.41 b	3.24 ab	3.10 a
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	0.27±0.07	0.27±0.04	0.25±0.02
ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	12.56±0.81	11.70±1.62	12.03±1.50
ค่าสี L*	43.27±1.44	43.46±1.79	43.61±1.63
a*	-1.53±0.49	-1.00±0.19	-1.02±0.39
b*	7.90±1.12	7.89±1.10	8.15±0.89
C*	8.05±1.18	7.97±1.08	8.23±0.89
h*	100.68±2.10	97.35±1.82	97.06±2.73
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	9.49±0.51	9.59±0.55	9.28±0.60
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.53±0.15	4.55±0.07	4.48±0.08
ค่าการละลาย (ร้อยละ)	82.57±7.56	81.31±9.29	83.52±6.99
ปริมาณคลอโรฟิลล์ (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)	150.25 a	152.46 a	137.65 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแถว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 14 คุณภาพของสีผงจากสารสกัดใบเตยผสมมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 และ 30

กรมวิชาการเกษตร

คุณภาพ	ปริมาณมอลโตเด็กซ์ทริน (ร้อยละ)		
	10	20	30
ความชื้น (ร้อยละ)	5.19 c	2.93 b	1.65 a
ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	0.32±0.09	0.24±0.04	0.20±0.01
ผลผลิตที่ได้ (ร้อยละ)	8.90±0.19	13.73±0.37	16.47±0.75
ค่าสี L*	41.69±1.35	44.16±1.30	47.25±1.11
a*	0.37± 0.13	-0.82±0.16	-2.03±0.18
b*	6.70±1.08	8.68±0.90	10.87±0.61
C*	6.71±1.08	8.72±0.90	11.06±0.62
h*	86.70±1.28	95.48±1.33	100.60±0.69
ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (องศาบริกซ์)	9.12±068	9.83±0.47	10.01±0.77
ค่าความเป็นกรด-ด่าง	4.26±0.18	4.32±0.16	4.37±0.20
ค่าการละลาย (ร้อยละ)	68.13±4.70	82.87±1.54	89.46±0.60
ปริมาณคลอโรฟิลล์ (ไมโครกรัม/กรัม น้ำหนักแห้ง)	185.95 a	154.21 ab	128.90 b

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละแถว ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 15 แสดงองค์ประกอบทางเคมีและปริมาณสารปนเปื้อนของสีผง

รายการ	สีผงจากดอกอัญชัน	สีผงจากแครอท	สีผงจากใบเตย
องค์ประกอบทางเคมี (กรัม/100 กรัม)			
เถ้า	0.66	2.57	1.36
ความชื้น	4.33	1.64	2.44
โปรตีน	2.05	6.31	4.88
คาร์โบไฮเดรต (รวมใยอาหาร)	92.53	87.68	90.18
ใยอาหาร	1.06	1.68	1.83
ไขมัน	0.43	1.80	1.14
สารปนเปื้อน (มิลลิกรัม/กิโลกรัม)			
สารหนู (arsenic)	0.073	0.083	0.090
ตะกั่ว (lead)	0.46	0.17	0.04

กรมวิชาการเกษตร

ปรอท (mercury)	Not Detected	Not Detected	Not Detected

ตารางที่ 16 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากดอกอัญชันร้อยละ 0.0-2.5

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h*
0.0	29.83	7.61 d	51.13 d	1.80 c	0.81 d	1.98 d	24.27 c
0.5	29.97	3.35 c	43.44 c	4.46 b	-5.57 c	4.59 c	300.14 b
1.0	30.13	3.11 b	27.68 b	5.01 a	-6.47 b	7.13 b	308.68 a
1.5	30.73	2.85 a	26.89 ab	5.17 a	-6.48 b	8.14 a	307.69 a
2.0	29.83	2.76 a	25.99 a	5.19 a	-6.29 b	8.18 a	308.90 a
2.5	29.67	2.70 a	25.88 a	5.23 a	-8.93 a	8.33 a	309.39 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 17 ปริมาณสารสำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากดอกอัญชันร้อยละ 0.0-2.5

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์/100 กรัม)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก /100 กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/100 กรัม)
0.0	0.00 f	3.62 f	0.32 f
0.5	0.28 e	8.25 e	3.66 e
1.0	0.51 d	13.95 d	5.71 d
1.5	0.73 c	18.16 c	6.77 c
2.0	0.96 b	22.90 b	8.00 b
2.5	1.16 a	26.25 a	8.31 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 18 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากดอกอัญชันร้อยละ 0.0-2.5

ปริมาณสีผง	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม

ศรีปทุมการเกษตร

(ร้อยละ)						
0.0	3.23 c	2.43 d	2.83 c	3.13 c	4.43 a	3.53 c
0.5	4.80 b	4.53 b	4.40 b	3.43 c	4.97 a	4.37 b
1.0	5.20 ab	5.3 b	4.67 ab	4.40 b	4.27 a	4.77 ab
1.5	5.33 ab	5.87 a	5.07 a	5.13 ab	4.57 a	5.07 a
2.0	5.53 ab	6.10 a	5.13 a	5.07 ab	4.33 a	5.23 a
2.5	5.33 a	5.77 ab	5.20 a	5.43 a	4.50 a	5.37 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 19 คุณภาพของผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากแครอทร้อยละ 0.0-2.0

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h*
0.0	23.32	3.35	27.76 a	4.57 a	-6.37 a	7.84 a	305.64 a
0.5	25.27	3.43	28.30 b	4.65 ab	-4.49 b	6.43 b	316.33 b
1.0	25.67	3.50	28.96 c	4.94 bc	-2.89 c	5.72 c	329.72 c
1.5	26.05	3.55	29.34 cd	5.20 c	-2.06 d	5.59 c	338.33 d
2.0	24.87	3.61	29.60 d	5.64 d	-1.29 e	5.80 c	347.33 e

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 20 ปริมาณสารสำคัญของผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากแครอทร้อยละ 0.0-2.0

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (ไมโครกรัม/กรัม)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ไมโครกรัม/กรัม)
0.0	0.11 e	116.25 a	54.78 c
0.5	0.30 d	116.41 a	56.79 bc
1.0	0.44 c	116.21 a	56.12 c
1.5	0.62 d	122.24 a	59.91 ab
2.0	0.77 a	126.47 a	61.44 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 21 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากแครอทร้อยละ 0.0-2.0

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0.0	4.55 b	4.10 c	4.45 ab	4.70 b	4.25 a	4.80 b
0.5	3.55 c	3.85 c	4.25 b	5.15 ab	4.40 b	4.15 c
1.0	5.80 a	5.85 a	5.20 a	5.70 a	5.35 a	5.70 a
1.5	4.85 b	5.25 ab	4.75 ab	5.10 ab	5.10 a	5.10 ab
2.0	4.60 b	5.15 b	4.70 ab	5.00 ab	5.65 a	5.30 ab

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 22 คุณภาพของผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาผสมสีผงจากใบเตยร้อยละ 0.0-2.5

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้	ค่าความเป็นกรด-ด่าง	ค่าสี				
			L*	a*	b*	C*	h*
0.0	40.47	7.22	44.29 d	0.37 d	8.94 d	8.95 cd	87.59 d
0.5	42.37	7.32	40.70 c	-1.04 c	8.46 c	8.53 bc	96.98 c
1.0	37.90	7.31	40.70 c	-1.61 b	8.77 cd	9.03 d	103.50 b
1.5	43.43	7.22	37.93 b	-2.12 a	7.85 b	8.12 b	103.55 b
2.0	38.62	7.24	37.54 b	-2.09 a	8.00 b	8.26 b	104.89 a
2.5	43.93	7.10	34.95 a	-2.05 a	6.69 a	6.88 a	104.39 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 23 ปริมาณสารสำคัญของผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาผสมสีผงจากใบเตยร้อยละ 0.0-2.5

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (ไมโครกรัม/กรัม)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (ไมโครกรัม/กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ไมโครกรัม/กรัม)

กรมวิชาการเกษตร

0.0	1.59 e	84.21 c	16.10 e
0.5	2.95 de	95.60 bc	20.64 de
1.0	5.85 cd	104.39 abc	24.34 cd
1.5	7.70 c	103.26 abc	30.17 bc
2.0	11.41 b	116.77 ab	37.05 ab
2.5	14.72 a	125.67 a	44.17 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 24 คะแนนการทดสอบทางประสาทสัมผัสผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาผสมสีผงจากใบเตยร้อยละ 0.0-2.5

ปริมาณสีผง (ร้อยละ)	ลักษณะปรากฏ	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบโดยรวม
0.0	4.90 ab	3.60 d	4.00 c	4.65 b	5.30 a	4.50 c
0.5	4.60 b	4.05 cd	4.50 bc	5.05 ab	5.30 a	4.75 bc
1.0	5.05 ab	4.60 bc	4.60 bc	5.00 ab	5.10 a	4.90 abc
1.5	5.45 a	5.40 ab	5.15 ab	5.10 ab	5.60 a	5.30 ab
2.0	5.40 a	5.55 a	5.40 a	5.55 a	5.40 a	5.50 a
2.5	4.70 ab	5.10 ab	5.70 a	5.40 ab	5.30 a	5.45 a

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 25 ค่าสีของสีผงจากดอกอัญชันอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	L*	a*	b*	ΔE	C*	h*
0	57.36	16.02	-2.69	0.00	16.25	350.48
2	57.22	16.07	-2.67	0.50	16.29	350.57
4	55.84	16.45	-2.30	1.75	16.61	352.02
6	56.28	14.92	-1.15	2.21	14.96	355.59
8	54.49	16.01	-1.99	2.90	16.13	352.90
10	54.61	16.03	-2.11	2.82	16.17	352.51
12	52.39	15.97	-1.82	5.05	16.08	353.49

ตารางที่ 26 คุณภาพของสีผงจากดอกอัญชันที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	การละลาย (ร้อยละ)	ความเป็นกรด-ด่าง
0	4.31 a	0.255 a	98.71 a	2.26 a
2	4.66 ab	0.292 ab	97.73 ab	2.27 a
4	5.02 bc	0.260 a	97.16 b	2.34 b
6	5.16 c	0.305 abc	96.99 b	2.40 c
8	5.29 cd	0.315 bc	96.92 b	2.42 c
10	5.61 d	0.353 cd	95.56 c	2.43 c
12	6.71 e	0.372 d	93.56 d	2.42 c

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 27 ปริมาณสารสำคัญของสีผงจากดอกอัญชันอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณแอนโทไซยานิน (มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ /100 กรัม)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก /100 กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก /100 กรัม)
0	40.02 a	694.32 a	254.24 a
2	35.39 b	645.56 b	211.15 b
4	34.59 b	516.22 c	206.25 b
6	32.37 c	491.25 cd	191.46 c
8	31.42 c	461.88 de	183.30 cd
10	31.19 c	460.20 de	176.72 de
12	28.70 d	434.24 e	166.34 e

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 28 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สีผงจากดอกอัญชันอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

รายการ	อายุการเก็บรักษา (เดือน)						
	0	2	4	6	8	10	12
Clostridium perfringens (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0

กรมวิชาการเกษตร

Molds (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Staphylococcus aureus (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Salmonella spp. (per 25g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Yeasts (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10

ND หมายถึง Not Detected

ตารางที่ 29 ค่าสีของสีผงจากแครอทอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	L*	a*	b*	ΔE	C*	h*
0	52.44	8.52	11.97	0.00	14.69	54.55
2	52.33	7.74	13.11	1.40	15.22	59.41
4	53.10	7.38	12.52	1.45	14.53	59.50
6	52.74	6.82	12.47	1.85	14.21	61.33
8	53.14	6.82	13.79	2.67	15.02	62.99
10	53.30	6.50	12.84	2.41	14.59	63.53
12	53.61	5.62	14.01	3.76	15.10	68.16

ตารางที่ 30 คุณภาพของสีผงจากแครอทที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	การละลาย (ร้อยละ)	ความเป็นกรด-ด่าง
0	1.65 a	0.27 a	84.51 a	5.31 ab
2	1.76 a	0.28 ab	83.53 a	5.33 b
4	2.01 a	0.27 a	81.65 ab	5.32 ab
6	1.96 a	0.29 b	82.87 a	5.31 ab
8	2.42 b	0.31 c	80.61 ab	5.28 ab
10	2.88 c	0.30 c	81.62 ab	5.22 a
12	3.10 c	0.30 c	78.34 b	5.28 ab

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 31 ปริมาณสารสำคัญของสีผงจากแครอทอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณแคโรทีนอยด์ (มิลลิกรัม /100 กรัม)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก /100 กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก /100 กรัม)
0	8.98 a	180.30 a	67.84 ab
2	8.60 ab	168.26 ab	71.020a
4	8.30 bc	162.13 bc	64.08 b
6	8.34 bc	152.66 bcd	57.08 c
8	8.11 c	150.72 cd	53.53 c
10	7.36 d	147.43 cd	45.46 d
12	7.51 d	139.88 d	42.35 d

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 32 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สีผงจากแครอทอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

รายการ	อายุการเก็บรักษา (เดือน)						
	0	2	4	6	8	10	12
Clostridium perfringens (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Molds (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	80	<10
Staphylococcus aureus (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Salmonella spp. (per 25g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Yeasts (CFU/g)	<10	$2.5x10^2$	$2.6x10^2$	$2.1x10^2$	$2.6x10^2$	<10	$3.7x10^2$

ND หมายถึง Not Detected

ตารางที่ 33 ค่าสีของสีผงจากใบเตยอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	L*	a*	b*	ΔE	C*	h*
0	52.43	-5.54	12.67	0.00	13.83	113.61
2	52.11	-5.31	12.65	0.44	13.72	112.78
4	52.53	-5.12	12.68	0.50	13.67	111.99

กรมวิชาการเกษตร

6	52.91	-4.99	12.15	0.91	13.14	112.35
8	53.00	-4.62	11.74	1.45	12.62	111.50
10	53.13	-4.40	11.20	1.99	12.03	111.44
12	53.30	-4.33	10.98	2.27	11.80	111.53

ตารางที่ 34 คุณภาพของสีผงจากใบเตยที่อายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ความชื้น (ร้อยละ)	ค่าวอเตอร์แอกทิวิตี	การละลาย (ร้อยละ)	ความเป็นกรด-ด่าง
0	1.18 a	0.20 a	91.88 a	4.61 a
2	1.71 bc	0.22 a	87.53 ab	4.61 a
4	1.71 bc	0.24 a	88.08 ab	4.57 bc
6	1.50 b	0.22 a	87.30 ab	4.59 b
8	2.17 de	0.21 a	83.46 abc	4.56 c
10	1.96 cd	0.22 a	80.00 bc	4.58 bc
12	2.40 e	0.23 a	75.24 c	4.53 d

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ตารางที่ 35 ปริมาณสารสำคัญของสีผงจากใบเตยอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

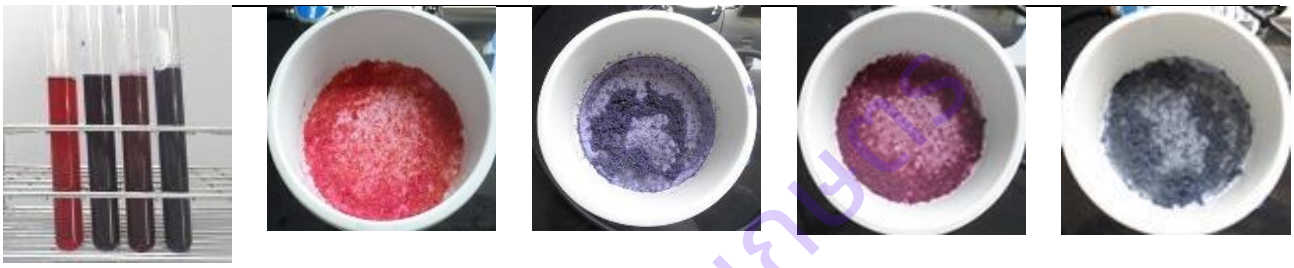
อายุการเก็บรักษา (เดือน)	ปริมาณคลอโรฟิลล์ (มิลลิกรัม/100 กรัม)	ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิก/100 กรัม)	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลกรดแอสคอร์บิก/100 กรัม)
0	103.63 a	340.91 a	74.07 a
2	98.63 b	316.54 b	74.37 a
4	95.91 c	291.73 c	60.48 b
6	92.54 d	279.56 d	72.90 a
8	93.01 d	226.21 e	58.94 b
10	89.04 e	174.16 f	57.10 b
12	83.00 f	171.03 f	43.25 c

ตัวเลขที่ตามด้วยตัวอักษรเหมือนกันในแต่ละคอลัมน์ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยใช้ DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

กรมวิชาการเกษตร

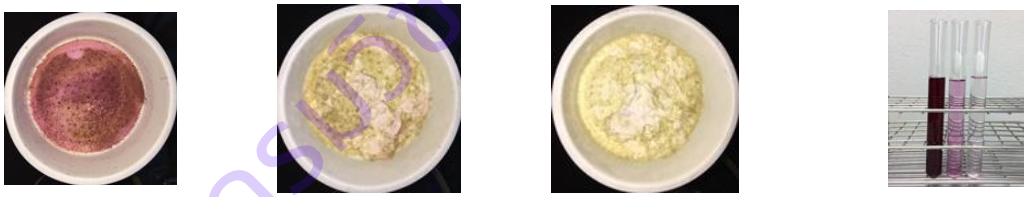
ตารางที่ 36 คุณภาพด้านจุลินทรีย์ของผลิตภัณฑ์สีผงจากใบเตยอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

รายการ	อายุการเก็บรักษา (เดือน)						
	0	2	4	6	8	10	12
Clostridium perfringens (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Escherichia coli (MPN/g)	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0	<3.0
Molds (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	80	<10
Staphylococcus aureus (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Salmonella spp. (per 25g)	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
Yeasts (CFU/g)	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10



สีของสารสกัด กรดไฮโดรคลอริก กรดอะซิติก กรดซิตริก น้ำ

ภาพที่ 1 สีของสารสกัดจากตัวทำละลายกรดชนิดต่างๆ



สกัดครั้งที่ 1 สกัดครั้งที่ 2 สกัดครั้งที่ 3 สีของสารสกัดครั้งที่ 1, 2, 3

ภาพที่ 2 สีของสารสกัดในแต่ละครั้งที่สกัดด้วยอัตราส่วน 1:50

แครอทสด แครอทหั่นสไลด์ ปั่นละเอียด สกัดแยกได้น้ำแครอท

ภาพที่ 3 ขั้นตอนการสกัดสารสีจากแครอท

กรมวิชาการเกษตร

ตัดเป็นชิ้นเล็กๆ

ปั่นละเอียด

สกัดแยกกาก

ภาพที่ 4 ขั้นตอนการสกัดสารสีจากใบเตย

สารสกัดดอกอัญชัน

สารสกัดผสมมอลโตเด็กซ์ทริน

สีผงจากสารสกัดดอกอัญชัน ทำแห้งที่อุณหภูมิ 140 150 และ 160 ℃

ภาพที่ 5 สารสกัดและสีผงจากดอกอัญชัน

ภาพที่ 6 สีผงจากสารสกัดดอกอัญชันที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 30

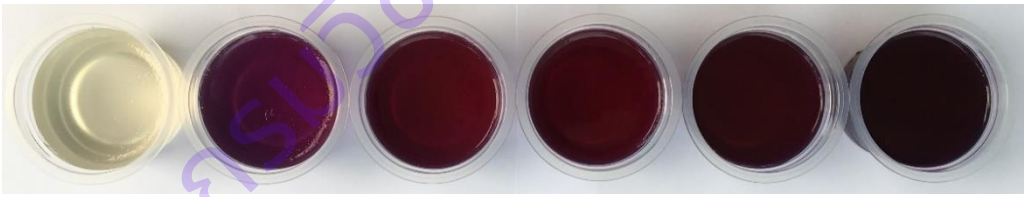
ภาพที่ 7 สีผงจากแครอททำแห้งที่อุณหภูมิ 160 170 และ 180 ℃

กรมวิชาการเกษตร

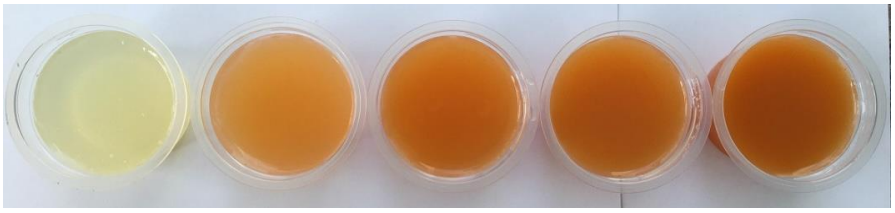
ภาพที่ 8 สีผงจากสารสกัดแครอทที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 30

ภาพที่ 9 สีผงจากใบเตยทำแห้งที่อุณหภูมิ 150 160 และ 170 ℃

ภาพที่ 10 สีผงจากสารสกัดใบเตยที่มีส่วนผสมของมอลโตเด็กซ์ทรินร้อยละ 10 20 30



ภาพที่ 11 ผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากดอกอัญชันปริมาณร้อยละ 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5



ภาพที่ 12 ผลิตภัณฑ์เยลลี่ผสมสีผงจากแครอทปริมาณร้อยละ 0.0 0.5 1.0 1.5 และ 2.0

ภาพที่ 13 ผลิตภัณฑ์ครีมสังขยาผสมสีผงจากใบเตยปริมาณร้อยละ 0.0 0.5 1.0 1.5 2.0 และ 2.5

0 เดือน

2 เดือน 4 เดือน 6 เดือน 8 เดือน 10 เดือน 12 เดือน

ภาพที่ 14 ลักษณะสีผงที่จากดอกอัญชันอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

0 เดือน

2 เดือน 4 เดือน 6 เดือน 8 เดือน 10 เดือน 12 เดือน

ภาพที่ 15 ลักษณะสีผงที่จากแครอทอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

0 เดือน

กรมวิชาการเกษตร

2 เดือน 4 เดือน 6 เดือน 8 เดือน 10 เดือน 12 เดือน

ภาพที่ 16 ลักษณะสีผงที่จากใบเตยอายุการเก็บรักษา 0-12 เดือน

กรมวิชาการเกษตร