การพัฒนาสีผสมอาหารและคุณสมบัติของสีจากบีทรูท

DEVELOPMENT OF FOOD COLOR AND COLOR PROPERTIES OF BEETROOT

พรภัสสร จุฬาลักษณานุกูล[1] *อรุษา เชาวนลิขิต[2]* ปฏิมาภรณ์ พลแสน[2]*

Pornpassorn Chulalaksananukul[1]*, Arusa Chaovanalikit[2]*, Patimaporn Ponsan[2]*

[1]ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

[1]Department of Food Technology, Faculty of Science, Chulalongkorn University.

[2]คณะเทคโนโลยีและนวัตกรรมผลิตภัณฑ์การเกษตร มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[2]Faculty of Agricultural Product Innovation and Technology, Srinakharinwirot University.

**Corresponding author, e-mail: arusa@g.swu.ac.th*

Received: *24 July 2020;* ***Revised:*** *3 February 2021;* ***Accepted:*** *25 February 2021*

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของชนิดตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด 2 ชนิด (น้ำ และ เอทานอลความเข้มข้น 50%) และอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่อคุณสมบัติทางกายภาพและสารเบต้าไซยานินของผงสีบีทรูทที่ทำแห้งแบบพ่นฝอย รวมทั้งการเปลี่ยนแปลงของผงสีบีทรูทระหว่างการเก็บรักษาเป็นเวลา 45 วันที่อุณหภูมิห้อง พบว่า สารผงสีบีทรูทมีความชื้น 3.37-4.60 และมีปริมาณเบต้าไซยานิน 58.00-197.61 mg/100g ผงสีจากตัวทำละลายน้ำจะให้สีแดงชมพู ส่วนผงสีจากเอทานอล ความเข้มข้น 50% จะให้สีแดงอมส้ม โดยผงสีจากน้ำที่อัตราส่วน 1:1 จะทำให้สกัดสารเบต้าไซยานินได้มากที่สุด เมื่อเก็บผงสีเป็นเวลา 45 วัน พบว่า ปริมาณเบต้าไซยานินของผงสีที่ผลิตจากเอทานอล ความเข้มข้น 50% จะมีความคงตัวมากกว่าที่ผลิตจากน้ำ

คำสำคัญ: บีทรูท เบต้าไซยานิน สี ความคงตัว

Abstract

This research studied the effect of two extraction solvents (water and 50% ethanol) and the extraction ratio of raw material and extraction solvents on physical properties and betacyanin content of beetroot colorant powder as well as change of beetroot colorant powder during room temperature storage for 45 days. The result showed that the moisture content and betacyanin content of beetroot colorant powder was 3.37-4.60% and 58.00-197.61 mg/100g, respectively, The colorant extracted by water gave a pink-red color while the colorant extracted d by 50% ethanol gave an orange-red color. The water extract with 1:1 extraction ratio exhibited the highest betacyanin content. The betacyanin content of the 50% ethanol extract was more stable than that of the water extract after 45 days.

Keywords: Beetroot, Betacyanin, Color, Stability

บทนำ

สีเป็นปัจจัยหนึ่งที่ผู้บริโภคใช้ในการตัดสินใจเลือกซื้ออาหาร ปัจจุบันการใช้สีสังเคราะห์นั้นเป็นที่นิยมมากกว่าสีผสมอาหารธรรมชาติ เพราะให้สีชัดเจนและมีความคงตัวสูง อย่างไรก็ตามหากบริโภคสีสังเคราะห์ปริมาณมากหรือบ่อยครั้งอาจก่อให้เกิดอันตรายต่อผู้บริโภคได้ เนื่องจากสีจะไปเคลือบเยื่อบุกระเพาะอาหารและลำไส้ ทำให้อาหารย่อยยากเกิดอาการท้องอืด ขัดขวางการดูดซึมอาหาร อาจมีอาการตับและไตอักเสบ ซึ่งจะเป็นสาเหตุก่อเกิดโรคมะเร็งได้ [1] McCann และคณะ [2] รายงานว่าสีสังเคราะห์ที่ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหารสามารถส่งผลให้เด็กแสดงพฤติกรรมที่ผิดปกติ อยู่ไม่นิ่ง สมาธิสั้น Tsuda และคณะ [3] ทำการศึกษาผลความเสียหายของดีเอ็นเอในหนูการรับประทานสีสังเคราะห์สีแดงของ amaranth, allura red, new coccine และ acid red พบว่า amaranth กับ allura red ส่งผลต่อ DNA ลำไส้ของหนู แต่จะไม่ส่งผลต่อดีเอ็นเอในเอ็มบริโอในหนูที่ตั้งครรภ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงให้ความสนใจกับการนำเอาวัตถุดิบทางธรรมชาติมาผลิตเป็นสีผสมอาหารเพื่อประโยชน์และความปลอดภัยของผู้บริโภค

บีทรูท (beetroot) มีชื่อวิทยาศาสตร์ *Beta vulgaris Linn*. หรือเรียกอีกอย่างว่า ผักกาดฝรั่ง หรือผักกาดแดง มีถิ่นกำเนิดแถบเมดิเตอร์เรเนียน สามารถเพาะปลูกตามพื้นที่สูงแถบภาคเหนือของประเทศไทย บีทรูทจะมีตั้งแต่สีเหลืองจนถึงแดง สามารถนำมารับประทานแบบสดหรือนำไปประกอบอาหาร [4-5] บีทรูทมีสารชีวภาพและสารเคมีต่าง ๆ จำนวนมาก เช่น betanin, betacyanines, polyphenols, flavonoids, carotenoids, glycine betaine, saponins และ folates บีตาเลน (Betalain) เป็นกลุ่มของรงควัตถุที่ให้สีแดงและสีเหลือง สารในกลุ่มบีตาเลนประกอบด้วยเบต้าไซยานิน (Betacyanin) ที่ให้สีในช่วงสีแดงถึงสีม่วง และเบต้าแซนทิน (Betaxanthin) ที่ให้สีเหลืองส้ม โครงสร้างหลักของเบต้าไซยานินประกอบด้วยกรดเบตาลามิกที่เชื่อมต่อกับ cyclo-3,4-dihydroxyphenyl alanine (cyclo-Dopa) ส่วนโครงสร้างหลักของเบต้าแซนทินจะมีโครงสร้างแตกต่างตรงหมู่อินโดลของกรดเบตาลามิก จะที่มีปฏิกิริยาการควบแน่น (condensation) ด้วยเอมีนหรือกรดอะมิโน [6] Priatni และ Pradita [7] ศึกษาความคงตัวของสารสกัดเบต้าไซยานินจากเปลือกแก้วมังกรแดงที่สกัดด้วยน้ำและเมทานอล พบว่า ความคงตัวของเบต้าไซยานินจะขึ้นอยู่กับชนิดสารละลาย pH และอุณหภูมิ การสกัดด้วยเมทานอลจะมีปริมาณการลดลงของเบต้าไซยานินน้อยกว่าการสกัดด้วยน้ำ Maltodextrin DE 10 และ 25 เป็นสาร carrier ที่ทำให้รงควัตถุมีความคงตัว อุณหภูมิขาเข้าและอุณหภูมิขาออกของเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยที่เหมาะสมในการผลิตผงสีบีทรูทอยู่ในช่วงอุณหภูมิ 165-180 °C/92-96 °C (inlet/outlet) [8] และ Castellar และคณะ [9] น้ำและเอทานอล ความเข้มข้น 80% สามารถนำมาใช้ในการสกัดเบต้าไซยานินได้ประสิทธิภาพใกล้เคียงกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาผลกระทบของชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและตัวทำละลายต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงสีบีทรูท และผลต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 วัน

วิธีดำเนินการวิจัย

วัตถุดิบ บีทรูทสดซื้อมาจากตลาดไทย อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี บรรจุในถุงพลาสติก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 สัปดาห์ ก่อนนำไปสกัดสี

การผลิตผงสีบีทรูท

การสกัดบีทรูทโดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย

นำบีทรูทมาปอกเปลือกและหั่นขนาดประมาณ 8×5 เซนติเมตร จากนั้นนำไปนึ่งที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นชั่งบีทรูทที่นึ่งเสร็จ เติมน้ำในอัตราส่วน 1:1 (w/v) และอัตราส่วน 1:2 (w/v) ปั่นด้วยเครื่องปั่นน้ำผลไม้ (HR2118, PHILLIP, Japan) เป็นเวลา 5 นาที แยกกากด้วยผ้าขาวบาง สารสกัดที่ได้จะนำไปผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อไป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

การผลิตผงสีบีทรูทโดยใช้เอทานอล ความเข้มข้น 50% เป็นตัวทำละลาย

นำบีทรูทที่นึ่งเสร็จ เติมเอทานอลความเข้มข้น ร้อยละ 50% ในอัตราส่วน 1:1 (w/v) และอัตราส่วน 1:2 (w/v) โดยแช่บีทรูทลงในเอทานอลทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิตู้แช่เย็น (4 องศาเซลเซียส) แยกกากด้วยผ้าขาวบาง ต้มเพื่อระเหยเอทานอลความเข้มข้น 50% ด้วยเครื่อง Hot plate stirrer (HP-EGO 1500, EGO, Germany) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส สารสกัดที่ได้จะนำไปผ่านการทำแห้งแบบพ่นฝอยต่อไป ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

กระบวนการทำแห้งแบบพ่นฝอย [10]

นำสารสกัดสีที่ได้เติม Maltodextrin DE10 (Chemipan Coporation Co., Ltd, Thailand) ในสัดส่วน 17% (w/w) เพื่อให้ได้ %Brix ที่ประมาณ 20% Brix นำเข้าเครื่อง Spray Dryer (SDE-5 EURO Serial NO.962, Euro Best Technology Co., Lt., Thailand) ที่ Inlet temp เท่ากับ 150 องศาเซลเซียส และ Outlet temp เท่ากับ 80 องศาเซลเซียส ได้เป็นผงสี ผงสีที่ได้ทั้งหมดถูกนำบรรจุด้วยถุงอะลูมิเนียมฟอยล์แบบสุญญากาศ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 45 วัน และนำมาวิเคราะห์ทางกายภาพและค่าปริมาณสารเบต้าไซยานิน ที่ 0 7 14 28 และ 45 วัน

การวิเคราะห์ทางกายภาพ

ร้อยละผลผลิตที่ได้ (%yield) [11]

ทำการคำนวณผลผลิตที่ได้ของผงสีบีทรูทที่โดยการนำน้ำหนักผงหลังจากที่ออกจากเครื่องทำแห้งแบบพ่นฝอยหารด้วยน้ำหนักของบีทรูท และนำค่าที่ได้มาคูณด้วย 100

การวิเคราะห์ค่าปริมาณความชื้น

ชั่งผงสีบีทรูทที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 และ 45 วัน ปริมาณ 5 กรัม ใส่ในถาดอะลูมิเนียมกระจายผงสีให้ทั่วถาดแล้วนำเข้าเครื่องวัดความชื้นแบบใช้รังสีอินฟาเรด Moisture Analyzer (MA 150, Sartorius, Germany) เพื่อวิเคราะห์ความชื้นในผง

ค่าสี (ค่า L*, a*, b*, Chroma, Hue angle และคำนวณค่า ΔE) [12]

ชั่งผงสีบีทรูทที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 0 7 14 28 45 วัน ปริมาณ 10 กรัม ใส่ในถาดพลาสติกวัดสีเกลี่ยให้ตัวอย่างแน่นในถาดวงกลมขนาด 100 mm สูง 20 mm และวัดค่าสี ค่า L*(L = 0 สีดำ, L= 100 สีขาว) ค่า a*(a*= + สีแดง, a*= - สีเขียว) ค่า b*(b*= + สีเหลือง, b*= - สีน้ำเงิน) Hue angle (0 องศา = สีแดง, 90 องศา = สีเหลือง, 180 องศา = สีเขียว, 270 องศา = สีน้ำเงิน) Chroma (ความเข้มของสี) โดยใช้เครื่องวัดสี Colorflex EZ spectrophotometer (Color Flex EZ, Hunter lab, USA) ที่ระบบ CIE ที่ illuminant D65 mode 45 องศา/0 องศา ค่าความแตกต่างของสี (ΔE) คำนวณได้จากสมการที่ (2) โดยนำค่าฉลี่ยของ L* a* b* ของระยะเวลาที่ 0 วัน เป็น L_1^* a_1^* b_1^* เป็นค่าเริ่มต้น และค่าฉลี่ยของ L* a* b* ของระยะเวลาที่ 7 14 28 45 วัน เป็น L_2^* a_2^* b_2^* เพื่อหาค่าความแตกต่างของสีที่ระยะเวลาดังกล่าว

$$\Delta E = \sqrt{(L_1^* - L_2^*)^2+(a_1^* - a_2^*)^2+(b_1^* - b_2^*)^2}$$

โดย ΔE = *คือค่าความแตกต่างของสี*

ค่าการละลาย

นำผงสีบีทรูทมาวัดค่าการละลายด้วยวิธีมาตรฐานของมอก. (มผช. ๑๖๘/๒๕๕๖) [13] นำตัวอย่างผงสีที่ผ่านการแปรรูปทั้งหมด 5 กรัม ใส่ในน้ำเดือด 100 มิลลิลิตร จะต้องละลายในน้ำเดือดภายใน 30 วินาที จากนั้นทำการกรองผ่านกระดาษกรองที่อบที่อุณหภูมิ 100 °C จนน้ำหนักคงที่ กรองด้วยเครื่องดูดสุญญากาศและล้างส่วนที่ไม่ละลายด้วยน้ำร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 80 °C จนไม่มีน้ำตาลเหลืออยู่ ทดสอบด้วยวิธีโมลิช (Molish) จากนั้นนำกระดาษกรองไปอบแห้งพร้อมส่วนที่ไม่ละลายในตู้อบลมร้อนที่มีอุณหภูมิ 100 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปล่อยให้กระดาษเย็นในโถดูดความชื้น ทำการนำกระดาษมาชั่งน้ำหนัก คำนวนร้อยละของส่วนที่ไม่ละลายโดยนำน้ำหนัก (กรัม) ของส่วนที่ไม่ละลายบนกระดาษกรอง ที่หักน้ำหนักกระดาษกรองออกหารด้วย น้ำหนักของตัวอย่าง (กรัม) และนำค่าที่ได้ คูณกับ 100 ร้อยละของส่วนที่ละลายน้ำ คำนวนจาก 100 – ร้อยละส่วนที่ไม่ละลาย

การวิเคราะห์ปริมาณสารเบต้าไซยานิน (Betacyanin content) ดัดแปลงจาก [14]

นำผงสีบีทรูท และผงสีที่เก็บรักษาเป็น ระยะเวลา 0 7 14 28 45 วัน มาละลายน้ำในอัตราส่วน 16% วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง UV Spectrometer (Unico S-2150UV Model S-2150UV 2150 Series, Unico, USA) แล้วคำนวณตามสมการ ดังนี้ ปริมาณสารเบต้าไซยานิน (รายงานเป็นหน่วย mg/100g) เท่ากับ (ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 538 นาโนเมตร X มวลโมเลกุล X ปริมาตรของสารละลายผงสี X Dilution Factor X100)/ (€ X L X น้ำหนักของผงสี) โดยค่ามวลโมเลกุล = 550 ค่า € (Molar extinction coefficient) = 65,000 และ ค่าL (path length) = 1.0 cm

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ผลกระทบของชนิดของตัวทำละลาย และอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมี วิเคราะห์ด้วย Two-way ANOVA ส่วนผลของชนิดของตัวทำละลาย และอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่อปริมาณ Betacyanin และสีเมื่อเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 45 วัน วิเคราะห์ด้วย Three-way ANOVA ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยวิเคราะห์โดยวิธี Tukey's A Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าต่าง ๆ ที่วิเคราะห์ได้ คำนวณโดยใช้โปรแกรม SPSS (รุ่น 26.0, IBM ประเทศสหรัฐอเมริกา)

ผลการวิจัย

ศึกษาผลกระทบของชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและตัวทำละลายต่อคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงสีบีทรูท

จากตารางที่ 1 พบว่า ร้อยละผลผลิตของผงสีที่ได้อยู่ระหว่าง 11-26% ผงสีมีความชื้น 3.4-4.6% และมีอัตราการละลายถึง 99% ชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนในการสกัดจะมีผลต่อร้อยละผลผลิต ความชื้น และร้อยละการละลายของผงสีบีทรูทอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) การสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:2 จะให้ร้อยละผลผลิตที่ได้มากที่สุด

ตารางที่ 1 แสดงผลของชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่อร้อยละผลผลิตที่ได้ ความชื้นและร้อยละของการละลายผงสีบีทรูท

ชนิดของตัวทำละลาย	อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย	ร้อยละผลผลิตที่ได้ (%)	ร้อยละความชื้น (%)	ร้อยละการละลาย (%)
น้ำ	1:1	10.61±0.03^{c}	4.21±0.27^{a}	99.67±0.04^{b}
	1:2	26.45±-3.93^{a}	4.60±0.40^{a}	99.37±0.09^{a}
เอทานอล 50%	1:1	10.82±0.21^{c}	3.37±0.29^{b}	99.86±0.04^{c}
	1:2	18.75±2.02^{b}	3.97±0.23^{b}	99.74±0.03^{b}

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-c) ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ตารางที่ 2 และตารางที่ 3 แสดงลักษณะปรากฏของผงสีบีทรูทที่สกัดโดยใช้น้ำและเอทานอลความเข้มข้น 50% พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ผงสีบีทรูทที่สกัดโดยใช้เอทานอลความเข้มข้น 50% จะได้ผงสีออกเป็นสีแดงปนส้มและผงสีที่สกัดด้วยน้ำจะได้ผงสีออกเป็นสีแดงชมพู ค่า Hue angle แสดงถึงมุมองศาของสีหรือเฉดสี ซึ่งผงสีสกัดจากตัวทำละลายสองชนิดจะมีค่าเฉดสีที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ผงสีบีทรูทที่สกัดโดยใช้น้ำและเอทานอลความเข้มข้น 50% ในอัตราส่วน 1:1 จะมีปริมาณเบต้าไซยานิน ค่า a* และค่าความเข้ม (Chroma) ของสีมากกว่าอัตราส่วน 1:2 ในขณะที่ผงสีบีทรูทที่สกัดโดยใช้น้ำและเอทานอลความเข้มข้น 50% ในอัตราส่วน 1:2 จะมีค่า L* และ Hue angle มากกว่า อัตราส่วน 1:1 แสดงให้เห็นว่าการสกัดด้วย 1:1 สีจะเข้มกว่า 1:2 ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณเบต้าไซยินที่มีในผงสี เมื่อพิจารณาจากค่า b* พบว่า ผงสีบีทรูทที่สกัดโดยใช้เอทานอล ความเข้มข้น 50% จะมีค่า b* ที่แสดงถึงค่าสีเหลือง มากกว่า ผงที่สกัดด้วยน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับลักษณะปรากฏที่ให้เฉดสีส้มแดง

ตารางที่ 2 แสดงผลของชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่อค่าลักษณะปรากฏและ ค่า L* a* b* ของผงสีบีทรูท

ชนิดของตัวทำละลาย	อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย	ลักษณะปรากฏของผงสี	L*	a*	b*
น้ำ	1:1		47.69±2.63^{c}	30.66±0.58^{b}	2.08±0.62^{c}
	1:2		51.50±0.25^{b}	28.26±0.49^{c}	-4.37±0.22^{d}

เอทานอล 50%	1:1		48.24±0.60[c]	36.36±0.73[a]	8.03±1.43[b]
	1:2		59.95±0.02[a]	25.25±0.01[d]	19.84±0.01[a]

หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-d) ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

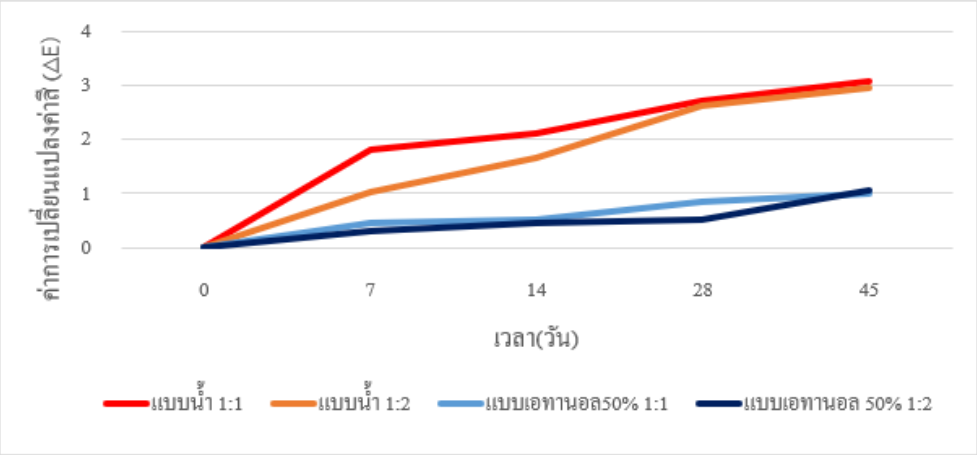
ตารางที่ 3 แสดงผลของชนิดตัวทำละลายและอัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลายต่อ ค่า Hue angle Chroma และปริมาณเบต้าไซยานินของผงสีบีทรูท

ชนิดของตัวทำละลาย	อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อตัวทำละลาย	Hue angle	Chroma	ปริมาณสาร Betacyanin (mg/100g)
น้ำ	1:1	3.86±1.10[c]	30.74±0.61[c]	197.62±0.95[a]
	1:2	351.22±0.28[a]	28.60±0.52[d]	106.72±0.81[c]
เอทานอล 50%	1:1	12.47±2.40[d]	37.01±0.80[a]	167.92±10.55[b]
	1:2	38.16±0.01[b]	32.11±0.01[b]	58.00±2.37[d]

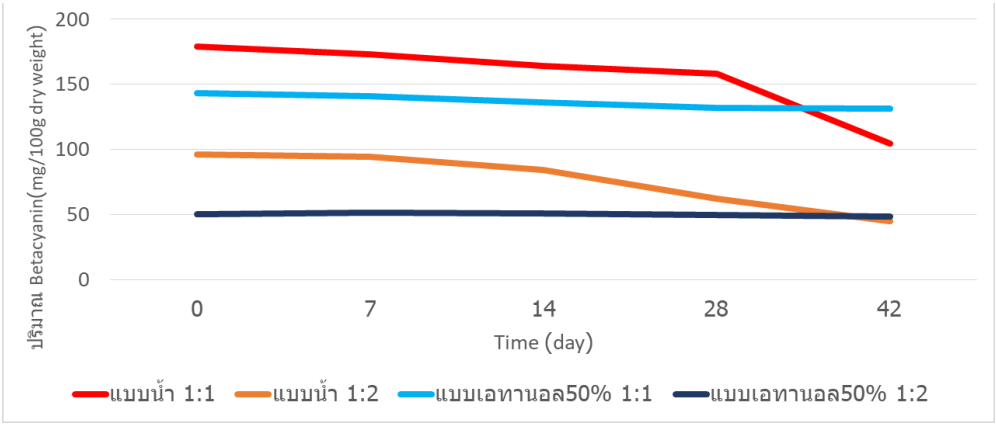
หมายเหตุ: อักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็ก (a-e) ที่แตกต่างกันในคอลัมน์แสดงถึงค่าเฉลี่ยที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

การศึกษาผลของตัวทำละลายและอัตราส่วนตัวทำละลายปริมาณที่แตกต่างกันส่งผลต่อการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 45 วัน

เมื่อเก็บรักษาผงสี 45 วัน พบว่า ลักษณะปรากฏของผงสีที่สกัดจากน้ำและเอทานอลความเข้มข้น 50% ไม่มีความแตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาจากค่าความแตกต่างของสีและปริมาณเบต้าไซยานิน ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2 พบว่าระยะเวลามีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของสี และปริมาณเบต้าไซยานิน ผงสีที่สกัดจากน้ำจะมีค่าการเปลี่ยนแปลงของสีและปริมาณเบต้าไซยานินมากกว่าผงสีที่สกัดจากเอทานอล โดยหลังเก็บไว้ที่ 45 วัน ปริมาณสารเบต้าไซยานินของผงที่สกัดด้วยเอทานอ จะมีปริมาณสารลดลง 10% ส่วนผงที่สกัดด้วยน้ำจะมีปริมาณสารลดลง 50-60%



ภาพที่1 แสดงค่าความแตกต่าง ΔE ของผงสีบีทรูทเมื่อเก็บรักษาเป็นเวลา 45 วัน



ภาพที่ 2 แสดงปริมาณสารเบต้าไซยานินในบีทรูทที่เก็บรักษา 45 วัน

สรุปและอภิปรายผล

บีทรูทประกอบด้วยสารประกอบหลายชนิด ทั้งสารเบต้าไซยานิน เบต้าแซนทิน [15] และสารประกอบฟีนอลิก เช่น kampferol, quercetin, vanillic acid, ellagic acid และ vanillic acid [16] จากผลการทดลองพบว่าการสกัดผงสีบีทรูทจากตัวทำละลายน้ำ และเอทานอลความเข้มข้น 50% จะให้ผงสีที่มีลักษณะแตกต่างกัน ผงสีบีทรูทที่สกัดจากน้ำจะให้สีแดงชมพูจากเบต้าไซยานิน ส่วนผงสีที่สกัดจากเอทานอลความเข้มข้น 50% จะให้สีแดงอมส้ม ซึ่งสีที่แตกต่างกันคาดว่าเกิดจากการที่เอทานอลสามารถสกัดเบต้าไซยานินและสารประกอบอื่น ๆ ที่มีในบีทรูท เช่น สารประกอบฟีนอลิก ทำให้มีสีของสารประกอบตัวอื่นปนออกมา Guiné และคณะ [17] พบว่าบีทรูทมีปริมาณสารฟีนอลิก 1.45 ถึง 2.70 mg GAE/g และ Do และคณะ [18] พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายเอทานอลจะทำให้สกัดปริมาณสารฟีนอลิกในพืชออกมาได้มากกว่าน้ำ

ผงสีบีทรูทที่ผลิตโดยใช้น้ำในอัตราส่วน 1:1 จะสามารถสกัดสารปริมาณสารเบต้าไซยานินได้ดี ในขณะที่การสกัดด้วยน้ำในอัตราส่วน 1:2 จะได้ร้อยละผลผลิตมากที่สุด ซึ่งผลที่ได้คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Das และคณะ [19] ที่ทำการศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ต่อการสกัดและความเสถียรของเบต้าไซยานินที่สกัดจากผักโขมแดง (red amaranth) ที่พบว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายแบบน้ำจะทำให้สกัดปริมาณสารเบต้าไซยานิน

ออกมาได้มากกว่าการสกัดด้วยตัวทำละลายที่เอทานอลความเข้มข้น 50% เพราะสารเบต้าไซยานินเป็นสารที่ละลายได้ดีในน้ำ (water-soluble) ทำให้การสกัดด้วยตัวทำละลายน้ำจึงสกัดปริมาณสารออกมาได้มากกว่าการสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% และงานวิจัยของ Chong และคณะ [20] พบว่า การสกัดสกัดเบต้าไซยานินจากพืช *Amaranth betacyanins* ด้วยตัวทำละลายแบบน้ำจะทำให้ได้ปริมาณสารเบต้าไซยานินที่มากกว่าการสกัดด้วยเอทานอล และเมทานอล

เมื่อนำผงสีเก็บรักษาไว้ 45 วัน พบว่าผงสีที่สกัดจากน้ำ มีความคงตัวน้อยกว่าผงสีที่สกัดจากเอทานอลความเข้มข้น 50% ซึ่งผลการทดลองที่ได้คล้ายคลึงกับงานวิจัยของ Priatni และ Pradita [7] ที่รายงานว่าหลังจากทำการเก็บรักษาไว้ 5 ชั่วโมง ปริมาณสารเบต้าไซยานินในสารสกัดด้วยน้ำจะลดลง 22.58% ในขณะที่การสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลจะมีปริมาณเบต้าไซยานินลดลง 10.44% Stintzing และ Carle [21] รายงานว่า เมื่อให้ความร้อนหรือให้เบสแก่สารเบตานิน ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 10 องศาเซลเซียส และที่ pH 5 เบตานินจะเกิดปฏิกิริยา Oxidation ที่ทำให้โครงสร้างของ cyclo-Dopa 5-O-β-glucoside เกิดการเปลี่ยนแปลงเปลี่ยนเป็นสารเมลานอยด์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นของการเกิดเมลานอยดิน (melanoidin) และกรดเบตาลามิก(Betalamic acid) จะสามารถเกิดปฏิกิริยาเมลลาร์ด และทำให้เกิดสีน้ำตาลได้ ดังนั้นจึงคาดได้ว่า เมื่อเก็บผงสีไว้เป็นระยะเวลาหนึ่ง ผงสีจะเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นทำให้ปริมาณเบต้าไซยานินลดลง สำหรับผงสีสกัดด้วยเอทานอลความเข้มข้น 50% จะสามารถสกัดสารอื่นเช่น สารประกอบฟีนอลิก ซึ่งทำหน้าที่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และช่วยป้องกันการเกิดปฏิกิริยา oxidation ทำให้เบต้าไซยานินคงตัว จึงทำให้ผงสีที่สกัดด้วยเอทานอลมีความคงตัวมากกว่า ดังนั้นในการพัฒนาต่อยอดผงสีบีทรูท จึงควรทำการศึกษาถึงความแตกต่างของชนิดของสารประกอบฟีนอลิกในผงสี รวมทั้งกลไกการสลายตัวของเบต้าไซยานินและเบต้าแซนทินเพื่อพัฒนาผงสีธรรมชาติที่มีความคงตัวต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Thai Health Promotion Foundation. (2013, May). Colorful potentially dangerous. *Health articles.* Retrieved October 2, 2019, from http://www.thaihealth.or.th/Content/7046-Colorful potentially %20dangerous.html

[2] McCann, Donna; Barrett, Angelina; Cooper, Alison; Crumpler, Debbie; Dalen, Lindy; Grimshaw, Kate; Kitchin, Elizabeth; Lok, Kris; Porteous, Lucy; Prince, Emily; Sonuga-Barke, Edmund; Warner, John O.; Stevenson, J. (2007, November). Food additives and hyperactive behavior in 3-year-old and 8/9-year-old children in the community: a randomized, double-blined, placebo-controllled trial. *The lancet*, *370*(9598), 1560-1567.

[3] Tsuda, Shuji.; Murakami, Makiko.; Matsusaka, Naonori.; Kano, Kiyoshi.; Taniguchi, Kazuyuki.; & Sasaki, Yu F. (2001, 01 May). DNA damage induced by red food dyes orally administered to pregnant and male mice. *Toxicological Sciences*, *61*(1), 92-99.

[4] Koul, V.K.; Jain, M.P.; Koul, Suman; Sharma, V.K.; Tikoo, C.L.; & Jain, S.M. (2002, September). Spray drying of beet root juice using different carriers. *Indian J Chem Technol*, *9*(5), 442-445.

[5] Roy, Kakali; Gullapalli, Swathi; Chaudhuri, Utpal; & Chakraborty, Runu. (2004, December). The use of a natural colorant based on betalain in the manufacture of sweet products in India. *International Journal of Food Science & Technology*, *39*(10), 1087-1091.

[6] Delgado-Vargas, Francisco; Jiménez, A R; & Paredes-López, Octavio. (2000, May-June). Natural pigments: carotenoids, anthocyanins, and betalains – characteristics, biosynthesis, processing, and stability. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *40*(3), 173-289.

[7] Priatni, Sri.; & Pradita, Aulia. (2015, December). Stability study of betacyanin extract from red dragon fruit (Hylocereus Polyrhizus) peels. *Procedia Chemistry*, *16*, 438-444.

[8] Cai, Yi-Zhong; Sun, Mei.; & Corke, Harold. (2005, September). Characterization and application of betalain pigments from plants of the Amaranthaceae. *Trends in Food Science & Technology*, *16*(9), 370-376.

[9] Castellar, Rosario; Obón, José M.; Alacid, M.; & Fernández-López, José A. (2003, January). Color properties and stability of betacyanin from *Opuntia* Fruits. *Journal of Agricultural Food Chemistry, 51*, 2772-2776.

[10] Niamnuy, Chalida; Sirivatcahrodom, Santichai; & Waewtrakarn, Usarat. (2011, May-August). Effect of spray drying on quality of betacyanin powder from red dragon fruit. *Agricultural Science Journal (Thailand)*, *42*(2), 209-212.

[11] Saavedra-Leos, María Z.; Leyva-Porras, César; López-Martínez, Laura A.; González-García, Raúl.; Martínez, Joel O.; Compeán Martínez, Isaac.; & Toxqui-Terán, Alberto. (2019, February). Evaluation of the spray drying conditions of blueberry juice-maltodextrin on the yield, content, and retention of Quercetin 3-d-Galactoside. *Polymers, 11*(2), 1-14.

[12] Nitayaphat, Walaikorn. (2014-2015, October-March). Science of color. *Home Economics Department Srinakharinwirot University*, *13*(1), 3-13.

[13] Thai Industrial Standards Institute. (2013). Instant roselle drink. *Thai Community Product Standard.* Retrieved February 13, 2020, from http://tcps.tisi.go.th/

[14] Tenore, Gian C.; Novellino, Ettore; & Basile, Adriana. (2012, January). Nutraceutical potential and antioxidant benefits of red pitaya (*Hylocereus polyrhizus*) extracts. *Journal of Functional Foods*, *13*(1), 129-136.

[15] Bazaria, Bindu; & Kumar, Pradyuman. (2016, April). Compositional changes in functional attributes of vacuum concentrate beetroot juice. *Journal of Food Processing and Preservation, 40*(6), 1215-1222.

[16] Koubaier, Hayet B.H.; Snoussi, Ahmed; Essaidi, Ismahen; Chaabouni, Moncef M.; Thonart, Phillipe; & Bouzouita, Nabiha. (2014, August). Betalain and phenolic compositions, antioxidant activity of tunisian red beet (*Beta vulgaris* L. *conditiva*) roots and stems extracts. *International Journal of Food Properties, 17*(9), 1934-1945.

[17] Guiné, Raquel P.F.; Goncalves, Fernando; Lerat, Clemence; Idrissi, Theo El; Rodrigo, Eva; Correia, Paula M.R.; Goncalves, Joao C. (2018, July). Extraction of phenolic compounds with antioxidant activity from Beetroot (Beta vulgaris L.) *Current Nutrition & Food Science*, *14*(4), 350-357.

[18] Do, Quy-Diem.; Angkawijaya, Artik E.; Tran-Nguyen, Phuong L.; Huynh, Lien- Huong; Edi-Soetaredjo, Felycia; Ismadji, Suryadi; & Ju, Yi-Hsu. (2013, November). Effect of extraction solvent on total phenol content, total flavonoid content, and antioxidant activity of *Limnophila aromatica*. *Journal of Food and Drug Analysis*, *22*(3), 296-302.

[19] Das, Manoranjan; Saeid, Abu; Hossain, Md.Farid; Jiang, Gui-Hun.; Eun, Jong B.; & Ahmed, Maruf. (2018, December). Influence of extraction parameters and stability of betacyanins extracted from red amaranth during storage. *Journal of Food Science and Technology*, *56*(2), 643-653.

[20] Chong, Pik H.; Yusof, Yus A.; Aziz, Mohammad G.; Nazli, Nor M.; Chin, Nyuk L.; & Muhammad, Sayed K. (2014, January). Evaluation of solvent extraction of amaranth betacyanins using multivariate analysis. *International Food Research Journal*, *21*(4), 1569-1573.

[21] Stintzing, Florian C.; & Carle, Reinhold (2004, January). Functional properties of anthocyanins and betalains in plants, food, and in human nutrition. *Trends in Food Science & Technology, 15*(1), 19-38.