

คุณลักษณะของสีธรรมชาติชนิดเหลืองจากผลมะนาวโห้โดยการใช้สารจับเม็ดสีต่างกัน[†]

หนูเดือน สาระบุตร*, กรรณิการ์ ห้วยแสน และ พนอจิต นิตสุข

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ อำเภอเมือง จังหวัดกาฬสินธุ์ 46000

*อีเมล: nuduans@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาคุณลักษณะของสีธรรมชาติชนิดเหลืองจากผลมะนาวโห้โดยการใช้สารจับเม็ดสีต่างกันเพื่อทราบคุณลักษณะของสีธรรมชาติชนิดเหลืองจากผลมะนาวโห้ ซึ่งเป็นวิธีการที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ประหยัด และปลอดภัยในการนำไปใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร ซึ่งการสกัดสีจากผลมะนาวโห้ โดยให้นำผลมะนาวโห้สุก 200 กรัม และน้ำสะอาด 1,000 กรัม ต้มน้ำให้เดือด และใช้เวลาในการต้มสกัดสีจากผลมะนาวโห้ นาน 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบางสองชั้น แยกกากมะนาวโห้ออกจากน้ำสีที่สกัดได้ และทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำน้ำสีจากผลมะนาวโห้ที่สกัดได้ไประเหยเอาน้ำออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที จะได้สารสีชนิดเหลืองที่เข้มข้น และนำไปใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส และนำมาเติมสารจับเม็ดสีธรรมชาติชนิดเหลืองต่างกันเพื่อให้เกิดเจลเพิ่มความข้นหนืดและความคงตัวของสี โดยศึกษาสารจับเม็ดสีธรรมชาติชนิดเหลืองต่างกันจำนวน 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลอง ควบคุม (Control), สิ่งทดลองที่ 2 Modified starch (MS), สิ่งทดลองที่ 3 Modified starch + Carrageenan (MS + C) และสิ่งทดลองที่ 4 Modified starch + Xanthan (MS + X) พบว่า สีธรรมชาติชนิดเหลืองที่มีการใช้สารจับเม็ดสี Modified starch + Xanthan (MS+X) มีค่า L^* (ความสว่าง) a^* (สีแดง) b^* (สีเหลือง) Chroma (ความเข้มของสี, C^*) และค่า Hue angle (คุณสมบัติของสี) ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลืองจากผลมะนาวโห้ มีค่าใกล้เคียงกับคุณลักษณะของสีธรรมชาติชนิดเหลืองที่ไม่มีการใช้สารจับเม็ดสีธรรมชาติ คือ มีสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง ร่องลงมา คือ สิ่งทดลองที่มีการใช้สารจับเม็ดสี Modified starch (MS) และ Modified starch + Carrageenan (MS + C) ตามลำดับ และเมื่อมีการใช้สารจับเม็ดสีแตกต่างกันมีผลทำให้ความเข้มหรือความสดใสของสีธรรมชาติชนิดเหลืองลดลง ค่าแอดคิตีวิตี้ของน้ำ (a_w) ทั้ง 4 สิ่งทดลองไม่มีความแตกต่างกัน ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) และค่าปริมาณกรดทั้งหมด (% Total Acidity) มีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าค่ากรด-ด่าง (pH) ต่ำ ปริมาณกรดทั้งหมดมีปริมาณสูง โดยสีธรรมชาติชนิดเหลืองที่ไม่มีการใช้สารจับเม็ดสีธรรมชาติมีค่าสูงสุด และเมื่อมีการใช้สารจับเม็ดสีแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) และ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (% Total Acidity) ของสีธรรมชาติชนิดเหลืองลดลง ค่าความหนืด (RVA) ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลืองจากผลมะนาวโห้ที่มีการใช้สารจับเม็ดสี Modified starch + Xanthan (MS + X) มีค่า Peak (เวลา) Trough (ผลต่างของความหนืดต่ำสุด) Breakdown (ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด) Final Viscosity (ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง) และค่า Pasting Temperature (อุณหภูมิที่เกิดเจล) สูงสุด และค่า Setback (ผลต่างของความหนืดสุดท้าย) Modified starch 6 เปอร์เซ็นต์ + Carrageenan 0.4 เปอร์เซ็นต์ (MS + C) มีค่าสูงสุด ซึ่งเมื่อมีการใช้สารจับเม็ดสีแตกต่างกันมีผลทำให้ค่าความหนืดของสีธรรมชาติชนิดเหลืองจากผลมะนาวโห้สูงขึ้น

คำสำคัญ: สีธรรมชาติชนิดเหลือง, ผลมะนาวโห้, สารจับเม็ดสี

บทนำ

สีธรรมชาติเป็นหนึ่งในคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่สำคัญในอาหาร เนื่องจากเป็นลักษณะที่ปรากฏทางสายตาส่งแรกที่มองเห็นในผลิตภัณฑ์ (Ana & Laura, 2016) โดยเฉพาะสารสีแอนโทไซยานิน (Arici et al., 2016) อย่างไรก็ตาม สารประกอบเหล่านี้ไม่เสถียรและไวต่อการเสื่อมสภาพได้ง่ายระหว่างการเก็บรักษา แม้แต่ในผลิตภัณฑ์ที่เคยผ่านการพาสเจอร์ไรส์มาก่อน (Garzon & Wrolstad, 2002; Holzwarth et al., 2012) การเปลี่ยนแปลงของสีธรรมชาติยังสามารถเกิดขึ้นได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์และไม่ใช้เอนไซม์ ปฏิกิริยาสีน้ำตาล ปฏิกิริยาออกซิเดชันของเอนไซม์ถูกเร่งโดยออกซิโดรีดักเตส เช่น โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) หรือ เพอร์ออกซิเดส (POD) หรือ การเน่าเสียเนื่องจากจุลินทรีย์ ทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของสีหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงสีในระหว่างการเก็บรักษา สีจากธรรมชาติ เป็นสีที่ได้จากการสกัดพืช ผัก ผลไม้ และสัตว์ที่ใช้บริโภคได้โดยไม่เกิดอันตราย มีความปลอดภัยในการใช้ผสมกับอาหาร และใช้ติดต่อกันเป็นเวลานานโดยไม่เกิดเป็นพิษ สามารถทำสารสีจากธรรมชาติให้อยู่ในรูปของแข็งและของเหลวพร้อมใช้งานและเหมาะสมกับผลิตภัณฑ์อาหารนั้นๆ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสมในการสกัด ค่าพีเอช อุณหภูมิ และการเก็บรักษา (Aric, 2016) สีจากธรรมชาติ นอกจากจะช่วยแต่งสีแล้ว บางชนิดยังให้กลิ่นหอม

[†] การประชุมวิชาการและการนำเสนอผลงาน ขมรคมคณะปฏิบัติงานวิทยาการ อพ.สธ. ครั้งที่ 10 (ระหว่างวันที่ 20 - 22 กันยายน 2565 ณ มหาวิทยาลัยวลัยลักษณ์)

รับประทานอีกด้วย.ที่สกัดจากพืช ได้แก่ สีเหลือง จากขมิ้นชัน, เมล็ดดอกพุทจีน และดอกคำฝอย สีแดง จากข้าวแดง, มะเขือเทศสุก, กระเจี๊ยบ, มะละกอ, ถั่วแดง, ฟางและพริกแดง.สีม่วงหรือสีน้ำเงิน จากดอกอัญชัน.ข้าวเหนียวดำ, มันเลือดนก และถั่วดำ สีเขียว จากใบเตย, ใบย่านาง, พริกเขียว และใบกะน้า สีน้ำตาล จากน้ำตาลเคี้ยวใหม่, เนื้อในเมล็ดโกโก้ สีดำ จากถ่านกาบมะพร้าว และถั่วดำ สีส้ม จากเมล็ดของผลคำแสด (อัจฉริยา, 2530) จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ทดแทนการใช้สีสังเคราะห์ อย่างไรก็ตามการนำสีธรรมชาติมาใช้ผสมอาหารมีความยุ่งยากไม่สะดวกควรมีการนำสีธรรมชาติมาทำให้อยู่ในรูปแบบที่สะดวกในการใช้และเกิดประโยชน์ต่อส่วนรวมด้านความปลอดภัยในการบริโภคอาหารที่ต้องแต่งสี (ดวงกมล, 2551) มะนาวโห่ มะม่วงหาวมะนาวโห่ หรือหนามแดง เป็นผลไม้พื้นบ้านของไทย มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Carissa.carandas* Linn. อยู่ในวงศ์ Apocynaceae จัดเป็นผลไม้ประเภทรับประทานผลสุก มีรสชาติเปรี้ยวเฉพาะตัว ผลอ่อนจะมีสีชมพูอ่อนๆ และค่อยๆ เข้มขึ้น เป็นสีแดง จนกระทั่งสุกจึงกลายเป็นสีดำ เนื่องจากผลสุกของมะม่วงหาวมะนาวโห่มีสีเข้มมากจนถึงดำ จึงจัดเป็นแหล่งของปริมาณสารแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ที่สำคัญที่นำมาสกัดเป็นสีผสมอาหาร (ปานทิพย์ และคณะ, 2552) มะนาวโห่มีองค์ประกอบทางพฤกษเคมีมากมายหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอลิก.สารประกอบฟลาโวนอยด์ กรด น้ำตาล วิตามินซี ซึ่งสารพฤกษเคมีเหล่านี้ จัดเป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญ โดยในผลสุกให้ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมากกว่าผลดิบ (สกุลกานต์, 2559) ซึ่งสารแอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง สีม่วง และสีน้ำเงิน ใช้เป็นสารให้สี (coloring agent) ธรรมชาติในอาหาร นอกจากนี้ยังมีคุณสมบัติละลายได้ดีในน้ำ ไม่เสถียร สลายตัวได้ง่ายด้วยความร้อน ออกซิเจน แสง เมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไป สีจะเปลี่ยนไปด้วย ปัจจัยที่มีผลต่อสีของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ความเป็นกรด-ด่าง เมื่อ pH เป็นกรดจะมีสีแดง เมื่อ pH สูงขึ้นจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน (นิธิยา, 2545) ในผลสุกของมะนาวโห่มีปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดสูงถึง 27 มิลลิกรัม/100 กรัม (สกุลกานต์, 2559) ความคงตัวของสีขึ้นอยู่กับความเข้มข้นของแอนโทไซยานินทั้งหมดมากกว่าองค์ประกอบอื่น การเติมกรดแอสคอร์บิกทำให้ความคงตัวของสีในน้ำเชื่อมสตรอเบอร์รี่ลดลง การเสริมเม็ดสีแอนโทไซยานินของสตรอเบอร์รี่มีผลป้องกันไม่ให้สีแดงเกิดการเปลี่ยนแปลง (Skrede et al., 1992) คาร์ราจีแนน (carrageenan) แชนแทนกัม เป็นกัม (gum) ชนิดหนึ่ง ซึ่งมีสมบัติเป็นไฮโดรคอลลอยด์ (hydrocolloid) ใช้เป็นวัตถุเจือปนอาหาร (food additive) มีหน้าที่ เป็น thickening agent ทำให้เกิดความหนืด (viscosity) เป็นอิมัลซิไฟเออร์ (emulsifier) ช่วยให้น้ำมันและไขมันกับน้ำผสมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี เป็นสารก่อเจล (gelling agent) ทำให้เกิดเจล ชนิด thermoreversible gel คือ เจลที่สามารถเปลี่ยนเป็นของเหลวได้เมื่อได้รับความร้อน ใช้ในผลิตภัณฑ์ของหวานที่เป็นเจล (dessert gel) ส่วนแชนแทนกัม สกัดได้จากเมือก (slime) ที่สร้างโดย แบคทีเรีย *Xanthomonas campestris* ซึ่งมักพบในกะหล่ำปลี กระหล่ำดอก ละลายได้ทั้งน้ำร้อนและน้ำเย็นได้ดี มีความคงตัวต่ออุณหภูมิ และค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้ความหนืดแบบ non newtonian fluid โดยมีพฤติกรรมเป็นแบบ shear thinning fluid เกิดเจลได้ดีเมื่อใช้ร่วมกับกัมบางชนิด เช่น กัวกัม (guar gum) เมื่อผสมแชนแทนกัมลงในเจลก็จะได้น้ำเจลที่ใส ทำให้อาหารมีความข้น ความหนืด (viscosity) แม้ใช้ความเข้มข้นต่ำ ทนความร้อนได้สูง ทำให้อาหารคงรูป นำรับประทาน มันวาว ป้องกันการเกิดผลึกน้ำแข็งในอาหารแช่เยือกแข็ง ใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เช่น โยเกิร์ต เบเกอรี่ ไลซนขนมหวาน และอาหารแช่แข็ง เป็นต้น สตาร์ชดัดแปร (modified starch) คือ สตาร์ช (starch) ที่ได้จากการนำสตาร์ชธรรมชาติ (native starch) มาผ่านกรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง ทำให้มีสมบัติเปลี่ยนไปตามที่ต้องการ เช่น ความหนืด (viscosity) ลดลง คงตัวต่อความร้อน กรด และแรงเฉือน กรรมวิธีการผลิตสตาร์ชดัดแปรโดยวิธีทางเคมี กายภาพ เอนไซม์ หรือโดยจุลินทรีย์ สตาร์ชที่นำมาใช้แปรรูปเป็นสตาร์ชดัดแปร ได้แก่ สตาร์ชจากมันสำปะหลัง (tapioca starch) ทำหน้าที่เป็นสารเพิ่มความหนืด (Sharma & Naresh, 2006) มีการศึกษาการสกัดสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน.เพื่อใช้เป็นสีผสมอาหารธรรมชาติจากกลีบดอกทิวลิป โดยใช้สารละลายที่ใช้ในการสกัดแตกต่างกันได้แก่ สารละลายน้ำและเอทานอลพบว่าสารละลายน้ำสามารถสกัดสารสีแดงจากดอกทิวลิปที่มีความเข้มข้นและปริมาณมากกว่าสารละลายเอทานอล และเมื่อมีการสกัดที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เวลา 116 นาที จะได้ปริมาณสารสีแดงหรือปริมาณสารแอนโทไซยานินในปริมาณสูง และสัดส่วนที่เหมาะสมของสารละลายที่ใช้ในการสกัดสารสีแดง คือสัดส่วนของสารละลายน้ำและสารละลายเอทานอลเท่ากับ ร้อยละ 65:35 มีความคงตัวของสีที่ค่าพีเอชเท่ากับ 2.00 อุณหภูมิช่วง 60-90 องศาเซลเซียส และสามารถนำมาใช้ประโยชน์เป็นสีผสมอาหารจากธรรมชาติได้ (Arici et al., 2016) จากสารสกัดสารสีจากผลเอลเดอร์เบอรี่ แครอทสีม่วง และกะหล่ำปลีสีม่วงแดง โดยการนำสารที่สกัดได้มาผสมกับสารก่อเจลเจลาติน และผงวุ้นผสมกับเพคติน.และมีการทดสอบความเสถียรของสีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4 และ 20 องศาเซลเซียส ในที่มืดและที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส พบว่า สีธรรมชาติเจลหรือชนิดเหลวจากการผสมกับเจลาตินที่ได้จากแครอทสีม่วงมีความคงตัวสูงสุด รองลงมาคือสีที่ได้จากผลเอลเดอร์เบอรี่ และสีกะหล่ำปลีสีม่วงแดง ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ยังขึ้นอยู่กับปริมาณสารสีที่สกัดได้ แหล่งที่มาของเม็ดสี การผสมสารก่อเจล และสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะทำให้ความคงตัวของสีธรรมชาติดีกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูง (Buchweitz et al., 2013) นอกจากนี้การใช้กรดแกลลิกในน้ำผลไม้แครนเบอร์รี่ที่มีสีแดง ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส นาน 1 นาที.และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 วัน พบว่าช่วยรักษาความเข้มของสีแดงในน้ำแครนเบอร์รี่ได้ (Roidoung et al., 2016) มีการใช้สารจับเม็ดสีแอนโทไซยานินจากแครอทสีม่วง 3 ชนิด พบว่าสารเซลลูโลสสามารถจับเม็ดสีมีความคงตัวของสีแอนโทไซยานินสูงสุด รองลงมา คือ แป้งที่ละลายน้ำได้ และกลูโคส ตามลำดับ ที่ค่าพีเอช อยู่ระหว่าง 1.0 ถึง 4.0 และอุณหภูมิอยู่ในช่วง 40-80 องศาเซลเซียส และมีการนำสารสีไปใช้กับผลิตภัณฑ์ลูกอม 0.30 เปอร์เซ็นต์ และขนมหวานเยลลี่ 0.20 เปอร์เซ็นต์ (Assous et al., 2014)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจเพื่อศึกษาคุณลักษณะของสีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่โดยการใช้สารจับเม็ดสีต่างกันเพื่อให้ทราบคุณลักษณะของสีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการศึกษาและวิจัยต่อไป

วิธีดำเนินการวิจัย

1) อุปกรณ์

1.1) วัตถุดิบ ได้แก่ มะนาวโห่สุก มีลักษณะสีม่วงดำ

1.2) อุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการสกัดสีจากผลมะนาวโห่ ได้แก่ หม้อแสตนเลสสำหรับการต้มสกัดสี เครื่องวัดค่าวอเตอร์แอคทิวิตี (Water activity) (AQUA LAB รุ่น 04048713 R, USA) เครื่องวัดค่าสี Hunter Lab. (Easy Math QC รุ่น CQXE.USVIS, USA) เครื่องชั่งทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Sartorius, Germany) เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง ขนาด 210 กรัม ยี่ห้อ Sartorius รุ่น S/N:SWB 005032832. ยี่ห้อ TANITA รุ่น KD-192, Japan) เครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator) และเครื่องวัดเนื้อสัมผัส (Texture Analyzer รุ่น TA. XT. Plus Texture Analyzer, England) สารคาราจีแนน สารแซนแทนกัม แป้งดัดแปร Modified starch NATIONAL ชนิด FRIGEX (FHB3265) ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท National Starch Food Innovation

2) ขั้นตอนการวิจัย

2.1) การสกัดสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ โดยการชั่งมะนาวโห่ผลสุก 200 กรัม น้ำสะอาด 1,000 กรัม หลังจากนั้นต้มน้ำให้เดือด นำมะนาวโห่ผลสุกที่ล้างแล้วใส่ลงในน้ำเดือด และต้มสกัดสีจากผลมะนาวโห่ นาน 15 นาที กรองด้วยผ้าขาวบางสองชั้น แยกกากมะนาวโห่ออกจากน้ำที่สกัดได้ และทิ้งไว้ให้เย็น จากนั้นนำน้ำสีจากผลมะนาวโห่ที่สกัดได้ไประเหยเอาน้ำออกด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศแบบหมุน (Rotary evaporator) ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที จะได้สารสีชนิดเหลวที่เข้มข้น และนำไปใส่ในขวดสีชาเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

2.2) ทำการศึกษาสารจับเม็ดสีธรรมชาติชนิดเหลวต่างกัน มีการจัดสิ่งทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลอง คือ สิ่งทดลองที่ 1 สิ่งควบคุม (Control), สิ่งทดลองที่ 2 Modified starch 6 เปอร์เซ็นต์ (MS), สิ่งทดลองที่ 3 Modified starch 6 เปอร์เซ็นต์ + Carrageenan 0.4 เปอร์เซ็นต์ (MS + C) และสิ่งทดลองที่ 4 Modified starch 6 เปอร์เซ็นต์ + Xanthan 0.4 เปอร์เซ็นต์ (MS + X) ของน้ำหนักรสธรรมชาติชนิดเหลวที่สกัดได้ และนำไปต้มในอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วนำมาทำให้เย็น

2.3) นำสารสกัดสีธรรมชาติชนิดเหลวเข้มข้นจากผลมะนาวโห่ที่เตรียมได้ 25 กรัม เติมน้ำกลั่นเสีย Sodium benzoate 0.05 เปอร์เซ็นต์ และ Potassium Sorbate 0.05 เปอร์เซ็นต์ ของน้ำหนักรส แล้วนำไปผสมให้เข้ากัน ด้วยเครื่องวัดความหนืดแบบรวดเร็ว (Rapid Visco Analyser, RVA) เนื่องจากสามารถควบคุมอุณหภูมิและการระเหยน้ำให้คงที่ ทำให้สามารถทำให้เกิดเจลและมีความหนืดของสีผสมอาหารธรรมชาติในขณะเตรียมตัวอย่างเพื่อให้สีที่ได้มีความสม่ำเสมอและเหมาะสมกับการเตรียมตัวอย่างในปริมาณน้อย จากนั้นนำไปใส่ในขวดแก้วสีชา เก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของสีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ ทำการทดลองละ 3 ข้าง วางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดย Least significant difference (LSD) เพื่อให้เกิดเจลเพิ่มความข้นหนืด

ผลและอภิปรายผล

จากตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพของค่าสี จากสีธรรมชาติชนิดของเหลวของผลมะนาวโห่ โดยศึกษาสารจับเม็ดสีธรรมชาติชนิดเหลวต่างกันจำนวน 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลอง ควบคุม (Control), สิ่งทดลองที่ 2 Modified starch (MS), สิ่งทดลองที่ 3 Modified starch + Carrageenan (MS + C) และสิ่งทดลองที่ 4 Modified starch + Xanthan (MS + X) จากการศึกษาคุณภาพทางกายภาพด้านสีของสีจากธรรมชาติชนิดของเหลวของสีมะนาวโห่ โดยพบว่าทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าค่า L^* (ความสว่าง) ของสีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ ทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีค่าเท่ากับ 24.23, 25.32, 26.22 และ 26.60 ตามลำดับ ส่วนค่า a^* (ค่า a^* เป็นบวกให้สีแดง เป็นลบให้สีเขียว) ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ ทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสีธรรมชาติจากผลมะนาวโห่ที่เตรียมได้มีสีแดง มีค่าเท่ากับ 14.56, 11.13, 9.87 และ 11.84 ตามลำดับ ส่วนค่า b^* (ค่า b^* เป็นบวกให้สีเหลือง เป็นลบให้สีน้ำเงิน) พบว่า ค่า b^* ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ ทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) สีเหลือง มีค่าเท่ากับ 4.30, 2.76, 2.25 และ 2.94 ตามลำดับ ส่วนค่า Chroma (C^*) ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ ทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสีธรรมชาติที่มีการเติมสารจับเม็ดสีจะส่งผลให้ความเข้มของสีหรือความสดใสของสีลดลง มีค่าเท่ากับ 15.18, 11.47, 10.12 และ 12.20 ตามลำดับ และค่า Hue angle ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ ทั้ง 4 สิ่งทดลอง พบว่ามีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยพบว่าค่า Hue angle (h) ซึ่งค่าตัวเลขที่ได้จากการวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพแสดงช่วงสีของสีธรรมชาติจากผลมะนาวโห่มีค่าอยู่ระหว่าง 0-45 องศาเซลเซียส แสดงว่าเป็นสีม่วงแดงถึงสีส้มแดง มีค่าเท่ากับ 16.24, 13.85, 12.82 และ 13.39. ตามลำดับ จากการทดลอง

พบว่าการใช้สารจับเม็ดสี 3 ชนิดนี้จะช่วยให้ได้ลักษณะของสีธรรมชาติที่มีลักษณะเป็นเจลข้นหนืด ความเข้มข้นและความสว่างของสีจะมีความแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสารจับเม็ดสีโดยพบว่า การใช้สารจับเม็ดสี สดาร์ชดัดแปร (modified starch) และการใช้สดาร์ชดัดแปรร่วมกับแซนแทนกัม จะให้คุณลักษณะสีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ที่มีสีม่วงแดงสดใส เนื้อเนียน เจลสีที่ได้มีลักษณะใสมันวาว มีความคงตัวต่ออุณหภูมิสูง มีความข้นหนืด (viscosity) เหมาะสำหรั้นำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน (Sharma & Naresh, 2006) และมีความสอดคล้องกับการศึกษาการสกัดสารแอนโทไซยานินซึ่งเป็นรงควัตถุหรือสารสี (pigment) ที่ให้สีแดง ม่วง และน้ำเงิน เพื่อใช้เป็นสีผสมอาหารธรรมชาติจากกลีบดอกทิวลิป ที่มีการสกัดที่อุณหภูมิ 54 องศาเซลเซียส เวลา 116 นาที มีความคงตัวของสีที่ค่าพีเอชเท่ากับ 2.00 อุณหภูมิช่วง 60-90 องศาเซลเซียส (Arici et al., 2016) ส่วนการสกัดสีธรรมชาติจากผลมะนาวโห่ในการทดลอง ใช้อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 45 นาที ซึ่งได้ปริมาณสารสีแดงหรือปริมาณสารแอนโทไซยานินในปริมาณสูง ดังค่า a^* ในตารางที่ 1 และจากการศึกษาสารจับเม็ดสีธรรมชาติชนิดเหลวต่างกัน พบว่าสารสีที่สกัดได้ที่ผสมกับ MS และ MS + X ซึ่งเป็นสารประกอบพวกพอลิแซ็กคาไรด์ และมีคุณสมบัติในการเกิดเจลและจับเม็ดสี.นำไปต้มในอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที แล้วนำมาทำให้เย็น จากนั้นเติมสารกันเสียและเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง และวิเคราะห์คุณลักษณะของสีที่สกัดได้ มีความสอดคล้องกับการสกัดสารสีจากผลเอลเดอร์เบอรี่ แครอทสีม่วง และกะหล่ำปลีสีม่วงแดง โดยการนำสารที่สกัดได้มาผสมกับสารก่อเจลเจลาติน และผงวุ้นผสมกับเพคติน.และมีการทดสอบความเสถียรของสีระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่างกัน พบว่าสีธรรมชาติเจลหรือชนิดเหลวจากการผสมกับเจลาตินที่ได้จากแครอทสีม่วงมีความคงตัวสูงสุด. ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณสารสีที่สกัดได้.แหล่งที่มาของเม็ดสี การผสมสารก่อเจล และสภาวะการเก็บรักษาที่แตกต่างกัน ซึ่งจากการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยให้ความคงตัวของสีธรรมชาติดีกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูง (Buchweitz et al., 2013)

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าสี L^* , a^* , b^* , c^* และ h ของสีมะนาวโห่ชนิดของเหลว

สิ่งทดลอง	L^*	a^*	b^*	c^*	h
Control	24.23 ± 1.42^d	14.56 ± 0.87^a	4.30 ± 0.33^a	15.18 ± 0.92^a	16.42 ± 0.31^a
MS	25.32 ± 0.73^c	11.13 ± 1.43^c	2.76 ± 0.48^c	11.47 ± 1.51^c	13.85 ± 0.60^b
MS + C	26.22 ± 0.43^b	9.87 ± 0.03^d	2.25 ± 0.01^d	10.12 ± 0.03^d	12.82 ± 0.02^c
MS + X	26.60 ± 0.40^a	11.84 ± 0.62^b	2.94 ± 0.15^b	12.20 ± 0.64^b	13.93 ± 0.14^b

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, a-c ของแต่ละแถวแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$), Control = สิ่งควบคุม, MS = Modified starch, MS + C = Modified starch + Carrageenan และ MS + X = Modified starch + Xanthan gum

จากตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมี ค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w) ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) และ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (% Total Acidity) ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ พบว่าค่าแอกติวิตีของน้ำ (a_w) ทั้ง 4 สิ่งทดลอง ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 0.99, 0.98, 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ ค่า pH และปริมาณกรดทั้งหมด (% Total Acidity) พบว่าทั้ง 4 สิ่งทดลอง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 2.53, 2.63, 2.58 และ 2.66 ตามลำดับ และปริมาณกรดทั้งหมด (% Total Acidity) มีค่าเท่ากับ 0.15, 0.17, 0.16 และ 0.18 ตามลำดับ จากการทดลองพบว่าการใช้สารจับเม็ดสีต่างกันจะมีผลทำให้ค่าความเป็นกรด-ด่าง แตกต่างกัน และส่งผลให้สีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ที่ได้มีค่าลดลงเมื่อเทียบกับตัวอย่างที่ไม่ได้ใช้สารจับเม็ดสี ซึ่งค่าพีเอชของสารสีชนิดเหลวที่สกัดได้มีค่าอยู่ระหว่าง 2.53-2.66 ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับการทดลองของ (Arici et al., 2016) ที่มีการสกัดสารสีจากกลีบดอกทิวลิป.มีค่าพีเอชเท่ากับ 2.00 และการเติมกรดกลีกลงในน้ำผลไม้แครนเบอรี่ที่มีสีแดง ผ่านการพาสเจอร์ไรส์ที่ และเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 23 องศาเซลเซียส พบว่าช่วยรักษาความเข้มของสีแดงในน้ำแครนเบอรี่ได้ (Roidoung et al., 2016) ดังนั้นจากการทดลองถ้ามีการเติมกรดเพิ่มในสารสีธรรมชาติที่สกัดได้จากผลมะนาวโห่อาจจะทำให้สีธรรมชาติที่ได้มีความเข้มของสีมากขึ้น ประกอบการนำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำจะช่วยให้สีธรรมชาติมีความคงตัวได้ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ (Buchweitz et al., 2013) ที่มีการเก็บรักษาสารสีที่สกัดได้ที่อุณหภูมิต่ำ (20 องศาเซลเซียส) จะทำให้ความคงตัวของสีธรรมชาติดีกว่าการเก็บที่อุณหภูมิสูง

ตารางที่ 2 ค่าแอสตีวิตี้ของน้ำ (a_w) ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) และ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (% Total Acidity)

สิ่งทดลอง	a_w	pH	% Total acidity
Control	0.99 ± 0.01^a	2.53 ± 0.06^c	0.18 ± 0.003^a
MS	0.98 ± 0.01^{ab}	2.63 ± 0.01^{ab}	0.17 ± 0.006^b
MS + C	0.98 ± 0.01^{ab}	2.58 ± 0.03^{bc}	0.16 ± 0.002^b
MS + X	0.99 ± 0.01^a	2.66 ± 0.01^a	0.15 ± 0.001^b

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, a-c ของแต่ละแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$), Control = สิ่งควบคุม, MS = Modified starch, MS + C = Modified starch + Carrageenan และ MS + X = Modified starch + Xanthan gum

จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพค่าความหนืด (RVA) โดยศึกษาสารจับเม็ดสีธรรมชาติชนิดเหลวต่างกันจำนวน 4 สิ่งทดลอง ได้แก่ สิ่งทดลอง ควบคุม (Control), สิ่งทดลองที่ 2 Modified starch (MS), สิ่งทดลองที่ 3 Modified starch + Carrageenan (MS + C) และสิ่งทดลองที่ 4 Modified starch + Xanthan (MS + X) จากการศึกษาคุณภาพค่าความหนืด (RVA) พบว่าค่า Peak (เวลา) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 729.00, 961.30, 898.30 และ 1,695.30 ตามลำดับ ค่า Trough (ผลต่างของความหนืดต่ำสุด) ของค่าความหนืด (RVA) ของสีจากธรรมชาติชนิดของเหลวของสีมะนาวโห่ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 529.70, 654.30, 700.30 และ 1,356.70 ตามลำดับ ค่า Breakdown (ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 199.30, 307.00, 198.00 และ 318.70 ตามลำดับ ค่า Final Viscosity (ความหนืดสุดท้ายของการทดลอง) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 675.00, 1,356.00, 1,613.30 และ 2,094.30 ตามลำดับ ค่า Setback (ผลต่างของความหนืดสุดท้าย) มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) มีค่าเท่ากับ 145.33, 701.67, 913.00 และ 717.67 ตามลำดับ และค่า Pasting Temperature (อุณหภูมิที่เกิดเจล) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) มีค่าเท่ากับ 65.90, 64.23, 64.10 และ 68.78 ตามลำดับ จากการทดลอง คุณภาพค่าความหนืด พบว่าการเติมสารจับเม็ดสี ทั้ง 2 ชนิด คือ Modified starch 6 องศาเซลเซียส + Xanthan 0.4 องศาเซลเซียส (MS + X) และ Modified starch 6 องศาเซลเซียส (MS) เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจับเม็ดสีธรรมชาติจากผลมะนาวโห่และนำไปใช้ในการทดสอบในผลิตภัณฑ์อาหาร และขนมหวาน ต่อไป การใช้สารจับเม็ดสี สดาร์ชดัดแปร (modified starch) และการใช้สดาร์ชดัดแปรร่วมกับแซนแทนกัม จะให้คุณลักษณะสีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ที่มีลักษณะเนื้อเนียน เจลสีที่ได้มีความข้นหนืด มีลักษณะใสมันวาว มีความคงตัวต่ออุณหภูมิสูง เหมาะสำหรับนำมาใช้ในผลิตภัณฑ์ขนมหวาน และอาหารแช่แข็ง (Sharma & Naresh, 2006) และมีความสอดคล้องกับ (Assous et al., 2014) ที่มีการนำสารสีแอนโทไซยานินจากแครอทสีม่วงที่สกัดได้ไปใช้กับผลิตภัณฑ์ลูกอม 0.30 เปอร์เซ็นต์ และขนมหวานเยลลี่ 0.20 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์คุณภาพค่าความหนืด (RVA) ของสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่

สิ่งทดลอง	Control	MS	MS + C	MS + X
Peak	729.00 ± 46.00^b	961.30 ± 85.50^b	898.30 ± 54.73^b	$1,695.30 \pm 62.52^a$
Trough	529.70 ± 30.50^b	654.30 ± 66.50^b	700.30 ± 52.00^b	$1,356.70 \pm 43.50^a$
Breakdown	199.30 ± 51.32^b	307.00 ± 40.00^a	198.00 ± 59.44^b	318.70 ± 82.38^a
Final Visc	675.00 ± 59.00^c	$1,356.00 \pm 43.50^b$	$1,613.30 \pm 69.50^b$	$2,094.30 \pm 7.50^a$
Setback	145.33 ± 18.00^c	701.67 ± 94.37^b	913.00 ± 21.23^a	717.67 ± 68.87^b
Pasting ^(ns)	65.90 ± 20.67^a	64.23 ± 18.58^a	64.10 ± 9.72^a	68.78 ± 0.37^a

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน, a-c ของแต่ละแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p \leq 0.05$) และ ^(ns) ของแต่ละแนวตั้งแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ความเชื่อมั่นร้อยละ 95 ($p > 0.05$), Control = สิ่งควบคุม, MS = Modified starch, MS + C = Modified starch + Carrageenan และ MS + X = Modified starch + Xanthan gum

สรุปผล

สีธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ที่เตรียมได้มีสีม่วงแดง และเมื่อมีการใช้สารจับเม็ดสีแตกต่างกันมีผลทำให้ความเข้มหรือความสดใสของสี ค่าความเป็น กรด-ด่าง (pH) และ ค่าปริมาณกรดทั้งหมด (% Total Acidity) ของสีธรรมชาติชนิดเหลว ลดลง และสีธรรมชาติที่ใช้สารจับเม็ดสี Modified starch + Xanthan (MS + X) และ Modified starch (MS) มีค่าสีม่วงแดงที่ใกล้เคียงกับสีธรรมชาติที่ไม่มีการเติมสารจับเม็ดสีมากที่สุด ส่วนการวิเคราะห์คุณภาพค่าความหนืด พบว่าสารจับเม็ดสี MS + X มีค่า เวลา ผลต่างของความหนืดต่ำสุด ความแตกต่างของความหนืดสูงสุด ความหนืดสุดท้าย และค่าอุณหภูมิที่เกิดเจล มีค่าสูงสุด และใกล้เคียงกับ MS และสีธรรมชาติที่ไม่มีการเติมสารจับเม็ดสี ดังนั้นจากการทดลองครั้งนี้การเติมสารจับเม็ดสี ทั้ง 2 ชนิด คือ Modified starch 6 เปอร์เซ็นต์ + Xanthan 0.4 เปอร์เซ็นต์ (MS + X) และ Modified starch 6 เปอร์เซ็นต์ (MS) เหมาะสมที่จะนำไปใช้ในการจับเม็ดสีธรรมชาติจากผลมะนาวโห่และนำไปใช้ในการทดสอบในผลิตภัณฑ์อาหารต่อไป

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการนำสีจากธรรมชาติชนิดเหลวจากผลมะนาวโห่ที่มีการใช้สารจับเม็ดสีแตกต่างกันที่เตรียมได้ไปทดสอบใช้ในผลิตภัณฑ์อาหาร เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงสีในผลิตภัณฑ์ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับการสนับสนุนทุนจากมหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์ ให้ดำเนินโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืชอันเนื่องมาจากพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี (อพ.สธ.) งบประมาณรายจ่าย ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2560 ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

บรรณานุกรม

- ดวงกมล สิมจันทร์. (2551). การสกัดแอนโทไซยานินจากข้าวเหนียวดำ. <http://www.i-creativeweb.com>
- ปานทิพย์ บุญสง, ญัฐรา เลหาหลจิตต, และ อรพิน เกิดชูชื่น. (2552). การวิเคราะห์สารประกอบ polyphenolics และสารให้สีจากใบ *Tiliacora triandra* (Diels). <http://www.intranet.dip.go.th>
- สกุลกานต์ สิมลา. (2559). มะนาวโห่: พืชในวรรณคดีไทยที่มากมายด้วยประโยชน์. *วารสารแก่นเกษตร*, 44(3), 557-566.
- อัจฉริยา จารยะพันธุ์. (2530). การสกัดสีจากลูกพรุนเพื่อใช้เป็นสีผสมอาหาร (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- Arici, M., Karasua, S., Baslar M., Toker O. S., Sagdic O., & Karaagacl M. (2016). Tulip petal as a novel natural food colorant source: Extraction optimization and stability studies. *Industrial Crops and Products*, 91, 215-222.
- Ahmed, M., Akter, M. S. T. S., & Eun, J. B. (2011). Optimization conditions for anthocyanin and phenolic content extraction from purple sweet potato using response surface methodology. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 62(1), 91-96.
- Ana, B. P., & Laura, O. (2016). Effect of hyperbaric storage at room temperature on color degradation of strawberry juice. *Journal of Food Engineering*, 169, 141-148.
- Buchweitz, M., Brauch, J., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2013). Colour and stability assessment of blue ferric anthocyanin chelates in liquid pectin-stabilised model systems. *Food Chemistry*, 138, 2026-2035.
- Buchweitz, M., Brauch, J., Carle, R., & Kammerer, D. R. (2013). Application of ferric anthocyanin chelates as natural blue food colorants in polysaccharide and gelatin based gels. *Food Research International*, 51, 274-282.
- Cao, X., Zhang, Y., Zhang, F., Wang, Y., Yi, J., & Liao, X. (2011). Effects of high hydrostatic pressure on enzymes, phenolic compounds, anthocyanins, polymeric color and color of strawberry pulps. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 91(5), 877-885.
- Chemat, F., Vian, M. A., & Cravotto, G. (2012). Green extraction of natural products: Concept and principles. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(7), 8615-8627.
- Chirinos, R., Rogez, H., Campos, D., Pedreschi, R., & Larondelle, Y. (2007). Optimization of extraction conditions of antioxidant phenolic compounds from mashua (*Tropaeolum tuberosum* Ruiz & Pavon) tubers. *Separation and Purification Technology*, 55(2), 217-225.

- El Darra, N., Grimi, N., Vorobiev, E., Louka, N., & Maroun, R. (2012). Extraction of polyphenols from red grape pomace assisted by pulsed ohmic heating. *Food and Bioprocess Technology*, 6(5), 1281-1289.
- Eiro, M. J., & Heinonen, M. (2002). Anthocyanin color behavior and stability during storage: Effect of intermolecular copigmentation. *Journal of Agricultural Food Chemistry*, 2002(50), 7461-7466.
- Fan, G. J., Han, Y. B., Gu, Z. X., & Chen, D. M. (2008). Optimizing conditions for anthocyanins extraction from purple sweet potato using response surface methodology (RSM). *Lwt-Food Science and Technology*, 41(1), 155-160.
- Fernandes, A., Bras, N. F., Mateus, N., & de Freitas, V. (2015). A study of anthocyanin self-association by NMR spectroscopy. *New Journal of Chemistry*, 39(4), 2602-2611.
- Han, F. L., & Xu, Y. (2015). Effect of the structure of seven anthocyanins on self association and color in an aqueous alcohol solution. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 36(1), 105-116.
- He, X. L., Li, X. L., Lv, Y. p., & He, Q. (2015). Composition and color stability of anthocyanin-based extract from purple sweet potato. *Food Science and Technology (Campinas)*, 35, 468-473.
- Hernández-Herrero, J. A., & Frutos, M. J. (2014). Colour and antioxidant capacity stability in grape, strawberry and plum peel model juices at different pHs and temperatures. *Food Chemistry*, 154, 199-204.
- Lila, M. A. (2004). Anthocyanins and human health: An in vitro investigative approach. *Journal of Biomedicine and Biotechnology*, 2004(5), 306-313.
- Loypimai, P., Moongngarm, A., Chottanom, P., & Moontree, T. (2015). Ohmic heating assisted extraction of anthocyanins from black rice bran to prepare a natural food colorant. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 27, 102-110.
- Nems, A., Peksa, A., Kucharska, A. Z., Sokol-Letowska, A., Kita, A., Drozd, W. (2015). Anthocyanin and antioxidant activity of snacks with coloured potato. *Food Chemistry*, 172, 175-182.
- Rein, M. J., & Heinonen, M. (2004). Stability and enhancement of berry juice color. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52(10), 3106-3114.
- Roidoung, S., Kirk, D., & Siddiq, M. (2016). Gallic acid as a protective antioxidant against anthocyanin degradation and color loss in vitamin-C fortified cranberry juice. *Food Chemistry*, 210, 422-427.
- Skrede, G., Wrolstad, R. E., Lea, P., & Enersen, G. (1992). Color stability of strawberry and Blackcurrant Syrups. *Journal of Food Science*, 57(1), 172-177.
- Sharma, B. R., Naresh L., Dhuldhoya, N. C., Merchant, S.U., & Merchant, U. C. (2006). Xanthan gum - A Boon to food industry. *Food Promotion Chronicle*, 1(5), 27-30.