

การเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านออกซิเดชันของแป้งมันเทศสีม่วงที่ผ่านการ pre-treatment ที่แตกต่างกัน

Changes on physico-chemical properties, total anthocyanin contents and antioxidant activity of different pre-treatment purple sweet potato flour

นราพร พรหมไกรวร¹ วิชา สุโรจนะเมธากุล¹ นรินทร์ พูลเพิ่ม² และ ประจเวท สาทมาลี¹
Naraporn Phomkaivon¹ Vipa Surojanametakul¹ Narin Poolperm² and Prajongwate Satmalee¹

บทคัดย่อ

การ pre-treatment มันเทศสีม่วงด้วยสารเคมี 3 ชนิด คือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ (0.005 เปอร์เซ็นต์) กรดอะซิติก (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) และแคลเซียมคลอไรด์ (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) ส่งผลให้คุณลักษณะและสมบัติของแป้งมันเทศเปลี่ยนแปลงไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดและระดับความเข้มข้นของสารเคมีที่ใช้ ($p < 0.05$) ผลการพิจารณาค่าสี สมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านออกซิเดชัน พบว่า การ pre-treatment ด้วยกรดอะซิติก (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) ทำให้สีของแป้งมันเทศเปลี่ยนแปลงไปมากที่สุด (มีค่า ΔE เท่ากับ 5.65 และ 5.37 ตามลำดับ) และมีสมบัติทางความหนืดเพิ่มขึ้นในทุกพารามิเตอร์ทดสอบ ยกเว้นค่าเบรกดาวน์ของตัวอย่างแป้งที่ใช้กรดอะซิติก 0.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการใช้แคลเซียมคลอไรด์ทั้งสองความเข้มข้น ทำให้แป้งมันเทศสีม่วงมีปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด ($p < 0.05$) แต่การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 0.005 เปอร์เซ็นต์ทำให้แป้งมันเทศมีการเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะและสมบัติดังกล่าวน้อยที่สุด

ABSTRACT

The pre-treatment on purple sweet potato with sodium metabisulfite (0.005%), acetic acid (0.5 and 1%) and calcium chloride (0.5 and 1%) shown significantly changed on the properties of sweet potato flour, mainly depending on chemical type and its concentration ($p < 0.05$). Acetic acid pre-treated samples had greatest effect on color ($\Delta E = 5.65$ and 5.37 , respectively). Moreover, the pasting properties parameters values of acetic acid treated samples were highest among all samples except breakdown value of sample was treated with acetic acid 0.5%. The highest value of total anthocyanin, total phenolic content and DPPH free radical scavenging were found in calcium chloride pre-treatment purple sweet potato flour ($p < 0.05$). In contrast, the pre-treatment with sodium metabisulfite 0.005% was lowest changing on sweet potato flour properties.

Key words: purple sweet potato, pre-treatment, physico-chemical properties, anthocyanin, antioxidant activity

e-mail address: ifrnpph@ku.ac.th

¹ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

Institute of Food Research and Product Development, Kasetsart University, Bangkok 10900

² สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 2 พิษณุโลก 65130

Office of Agricultural Research and Development Region 2, Phisanulok 65130

คำนำ

มันเทศ (*Ipomoea batatas* L. Lam) อยู่ในตระกูลพืชหัว สามารถใช้เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรต อีกทั้งยังเป็นแหล่งของวิตามิน เกลือแร่ และเส้นใยอาหารที่มีราคาถูก จึงมีการใช้ประโยชน์จากมันเทศอย่างกว้างขวาง ทั้งการบริโภค และการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์อาหารชนิดต่างๆ เช่น ก๋วยเตี๋ยว เฟรนฟรายด์ พิวรี อีกทั้งยังเป็นวัตถุดิบหลักในการสกัดแป้งและสตาร์ช การผลิตสารให้ความหวาน การหมักแอลกอฮอล์ เป็นต้น (Guoquan and Qianxin, 2011) ในประเทศไทยได้มีการพัฒนาสายพันธุ์มันเทศให้มีเนื้อสีต่างๆ ทั้งสีส้ม สีเหลือง และสีม่วง เป็นต้น ซึ่งมันเทศเนื้อสีเป็นแหล่งของสารพฤกษเคมี (phytochemicals) ที่สำคัญหลายชนิด โดยกลุ่มของสารที่พบจะมีความแตกต่างกันไปตามสีของเนื้อมันเทศ ส่งผลให้มันเทศเนื้อสีกลายเป็นแหล่งอาหารสุขภาพที่สำคัญ และได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง (วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ, 2553)

มันเทศสีม่วง เป็นมันเทศเนื้อสีที่ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องจากภาครัฐ และมีการส่งเสริมให้เพาะปลูกในวงกว้าง โดยมันเทศสีม่วงเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพหลายประการ เช่น ยับยั้งการเกิดมะเร็ง ด้านการเกิดออกซิเดชัน ด้านการอักเสบ และด้านการก่อกลายพันธุ์ เป็นต้น รวมถึง นำมาใช้เป็นสารแต่งสีจากธรรมชาติได้อีกด้วย (Kim *et al.*, 2012) แต่การใช้ประโยชน์จากมันเทศสีม่วงในประเทศไทยยังอยู่ในวงจำกัด ทั้งที่มันเทศสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในผลิตภัณฑ์อาหารได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรูปของแป้งมันเทศ (sweet potato flour) ซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีใกล้เคียงกับแป้งจากธัญพืช จึงสามารถใช้ทดแทนแป้งสาลีในผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้ดี ใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืด ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับขนมขบเคี้ยวหรือผลิตภัณฑ์ขนมอบ (Guoquan and Qianxin, 2011) การแปรรูปมันเทศสดให้อยู่ในรูปแป้งนั้น มีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อนยุ่งยาก สามารถช่วยเพิ่มมูลค่าและยืดอายุการเก็บรักษาหัวมันสด อีกทั้งยังสะดวกต่อการนำไปใช้และการขนส่งอีกด้วย

ในระหว่างกระบวนการผลิตแป้งมันเทศ นิยมนำเทคนิค pre-treatment มาใช้ร่วมกับการทำแห้งเพื่อช่วยปรับปรุงคุณภาพของแป้ง ลดระยะเวลาการทำแห้ง และลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาล (browning reaction) ซึ่งจะช่วยเพิ่มการยอมรับของผู้บริโภค โดยสารเคมีต่างๆ ที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ โซเดียมไฮโดรเจนซัลไฟด์ โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต กรดซิตริก กรดแอสคอร์บิก กรดอะซิติกและแคลเซียมคลอไรด์ เป็นต้น (Ahmed *et al.*, 2010; Krishnan *et al.*, 2010) อย่างไรก็ตาม การใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์อาจก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ โดยตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 84 (พ.ศ. 2527) เรื่อง วัตถุเจือปนอาหาร อนุญาตให้ใช้ได้สูงสุด 50 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม ด้วยเหตุนี้ จึงมีการนำสารเคมีกลุ่มอื่นๆ มาใช้ทดแทนสารดังกล่าว ซึ่งพบรายงานว่า การใช้กรดอะซิติกหรือแคลเซียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้น 1 เปอร์เซ็นต์ สามารถรักษาสีของแป้งมันเทศและลดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลได้ดี เหมาะสมต่อการนำมาประยุกต์ใช้ในกระบวนการผลิตแป้ง (Ahmed *et al.*, 2010; Krishnan *et al.*, 2010) อีกทั้งการเกิดปฏิกิริยาสีน้ำตาลจากเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสในมันเทศสีม่วงนั้น ไม่เพียงแต่ส่งผลกระทบต่อด้านสีของผลิตภัณฑ์ แต่ยังเป็นสาเหตุสำคัญของการสูญเสียสารประกอบฟีนอลิก โดยเฉพาะแอนโทไซยานินได้อีกด้วย (Lu *et al.*, 2010) นอกจากนี้ การ pre-treatment ด้วยสารเคมีต่างๆ มักก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงด้านสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้ง อีกทั้งยังอาจทำลายสารอาหาร วิตามิน เกลือแร่ และสารพฤกษเคมี จึงส่งผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์และการบริโภคแป้งมันเทศได้

ดังนั้น การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีกายภาพ ปริมาณแอนโทไซยานิน และความสามารถในการต้านออกซิเดชันในแป้งมันเทศสีม่วงที่ผ่านการ pre-treatment ที่แตกต่างกัน ก่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ด้านแป้งมันเทศสีม่วงของประเทศไทยและเพิ่มขีดความสามารถในการพัฒนาแป้งมันเทศสีม่วงในเชิงลึกต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

วัตถุดิบ

มันเทศสีม่วงเป็นพันธุ์ที่พัฒนาและเพาะปลูก ณ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการเกษตรพิจิตร อำเภอเมือง จังหวัดพิจิตร

การเตรียมตัวอย่างแป้งมันเทศสีม่วง

นำมันเทศสีม่วงมาล้างทำความสะอาดและลวกในน้ำเดือด นาน 30 วินาที ทิ้งให้เย็น นำมาปอกเปลือก หั่นเป็นแผ่นบางหนา 2 มิลลิเมตรด้วยเครื่องปั่นผสมอาหารรุ่น combimax 600 (Braun, Hungary) นำตัวอย่างจำนวน 600 กรัม มาแช่ในน้ำกลั่นจำนวน 1 ลิตร นาน 10 นาที สะเด็ดน้ำและอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส นาน 8 ชั่วโมง บดและร่อนผ่านตระแกรงขนาด 80 เมช เก็บแป้งมันเทศสีม่วง (ตัวอย่างควบคุม) ในถุงโพลีเอทิลีนที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

ส่วนการเตรียมตัวอย่างแป้งมันเทศอื่นๆ ทำได้โดยเปลี่ยนน้ำกลั่น (ตัวอย่างควบคุม) เป็นสารละลายต่างๆ ดังนี้ สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ 0.005 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งเป็นปริมาณสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้ในการอาหาร, สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) และสารละลายกรดอะซิติก (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) โดยเตรียมตัวอย่างแป้งมันเทศแต่ละชนิดจำนวน 2 ข้ำ

การวิเคราะห์สมบัติของแป้งมันเทศ

แบ่งตัวอย่างแป้งมันเทศสีม่วงออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกสำหรับการวิเคราะห์ค่าสี และสมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง ส่วนที่สองนำมาสกัดด้วยเอทานอล 80 เปอร์เซ็นต์ตามวิธีที่ดัดแปลงจาก Bridgers *et al.* (2010) นำสารสกัดที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการทำละลายอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีรายละเอียดการวิเคราะห์ทั้งหมด ดังนี้

1. วิเคราะห์ค่าสีด้วยเครื่อง Data Color SF 600 plus (Data Color International, USA) แสดงค่า L^* , a^* , b^* , ค่า Chroma (C^*) และ ค่า Hue angle (H°) จากนั้นคำนวณหาค่าความแตกต่างของสี (ΔE) จากสมการ

$$\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$$

2. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง โดยศึกษาสมบัติทางความหนืด (pasting properties) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (Rapid Visco Analyzer (RVA) Super 3)(Newport Scientific, Australia)

3. วิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด ตามวิธีของ Huang *et al.* (2006) แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของไซยาตินิน-3-กลูโคไซด์ต่อแป้งมันเทศ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง)

4. วิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดตามวิธีของ Singleton *et al.* (1999) แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อแป้งมันเทศ 100 กรัม (น้ำหนักแห้ง)

5. วิเคราะห์ความสามารถในการทำละลายอนุมูลอิสระ DPPH ตามวิธีของ Brand-Williams *et al.* (1995) แสดงค่าในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลของกรดแอสคอร์บิกต่อกรัม น้ำหนักแห้ง

การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำตัวอย่างแป้งมันเทศที่เตรียมขึ้นทั้ง 12 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์สมบัติด้านต่างๆ โดยแต่ละวิธีจะทำการทดลองอย่างน้อย 3 ซ้ำ แล้วนำมาวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาความแตกต่างของค่าที่วิเคราะห์ได้ด้วยวิธี one-way ANOVA procedure ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ และวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของผลการทดลองด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการทดลองและวิจารณ์

1.ค่าสี

ผลการวิเคราะห์ค่าสีของแป้งมันเทศสีม่วงที่ได้จากการนำมันเทศไปผ่านการ pre-treatment แบบต่างๆ แสดงค่า L^* , a^* , b^* , ค่า Chroma (C°) ค่า Hue angle (H°) และค่าความแตกต่างของสี (ΔE) ดัง Table 1. โดยค่า L^* แสดงค่าความสว่าง พบว่า แป้งที่ผ่านการ pre-treatment ด้วยสารละลายกรดอะซิติก มีค่าความสว่างมากที่สุด โดยการเพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติกจาก 0.5 เป็น 1 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้มีค่าความสว่างสูงขึ้นแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และมีค่าสีแดง (a^*) ต่ำที่สุด แต่การใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์หรือแคลเซียมคลอไรด์ให้ค่าสีแดงสูงกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) คล้ายคลึงกับที่พบในค่า C° ในทางตรงข้าม การ pre-treatment ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสีเหลือง (b^*) เป็นอย่างมาก การใช้สารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์และแคลเซียมคลอไรด์ (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) ทำให้ค่า b^* ตีลบหรือมีสีน้ำเงินเพิ่มมากขึ้น ส่วนการใช้สารละลายกรดอะซิติกทำให้ค่า b^* เพิ่มในทางบวก อีกทั้งการ pre-treatment ยังทำให้สีที่ปรากฏของแป้งมันเทศหรือมีค่า H° เพิ่มขึ้นจากตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยแป้งมันเทศที่ผ่านการ pre-treatment ทั้งหมดยังคงมีสีม่วงแดง แต่การใช้กรดอะซิติกทำให้แป้งมีสีเหลืองเพิ่มขึ้น โดยมีค่า H° อยู่ระหว่าง 0-45 องศา ซึ่งเป็นช่วงสีม่วงแดงถึงสีส้มเหลือง ส่วนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์และแคลเซียมคลอไรด์ ทำให้แป้งมีสีม่วงมากขึ้น (มีค่า H° อยู่ระหว่าง 315-360 องศา อยู่ในช่วงของสีม่วงถึงสีม่วงแดง)

Table 1. Color properties of different pre-treatment sweet potato flour

	L^*	a^*	b^*	C°	H°	ΔE
Control	66.47±0.13ab	11.91±0.03c	0.30±0.01d	11.91±0.03c	1.43±0.06a	-
Sodium metabisulfite 0.005%	66.96±0.21b	12.28±0.06d	-0.43±0.02c	12.29±0.06d	357.9±0.1f	0.97±0.11a
Acetic acid 0.5%	69.50±0.43c	9.47±0.08a	4.40±0.06f	10.45±0.06a	24.87±0.47c	5.65±0.31d
Acetic acid 1%	69.73±0.36c	9.90±0.12b	4.06±0.04e	10.70±0.12b	22.27±0.06b	5.37±0.23d
Calcium Chloride 0.5%	66.15±0.70a	14.24±0.27e	-1.90±0.07b	14.37±0.26e	352.3±0.4e	3.28±0.25b
Calcium Chloride 1%	66.04±0.30a	14.94±0.18f	-2.51±0.02a	15.15±0.17f	350.4±0.2d	4.17±0.15c

Values in the same column sharing different letters expressed as significantly different ($p < 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่า ΔE ของแป้งที่ได้จากมันเทศสีม่วงที่ผ่านการ pre-treatment เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม พบว่า การใช้สารละลายกรดอะซิติกทั้งสองระดับความเข้มข้นทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีของแป้งมันเทศมากที่สุด รองลงมาคือ แคลเซียมคลอไรด์ 1 และ 0.5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์มีค่า ΔE ต่ำที่สุดซึ่งตามรายงานของ Ahmed *et al.* (2010) พบว่า การใช้ซัลไฟด์ pre-treatment แป้งมันเทศสามารถรักษาสีได้ดี เนื่องจาก ซัลไฟด์สามารถยับยั้งกิจกรรมของเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดส (PPO) ในระหว่าง

การทำแห้งได้ ส่วนการใช้กรดอะซิติกที่ความเข้มข้นต่างๆ แซ่มันเทศ สามารถปรับปรุงสีของแป้งให้มีความสว่างมากขึ้น เนื่องจาก กรดอะซิติกสามารถยับยั้งเอนไซม์ PPO ได้ อีกทั้งแอนโทไซยานินถูกไฮโดรไลซิสได้ในสภาวะที่เป็นกรดจึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของสีมากที่สุด (Krishnan *et al.*, 2010; Lu *et al.*, 2010) ผลการใช้แคลเซียมคลอไรด์ทำให้แป้งมันเทศสีม่วงมีสีแดงและสีน้ำเงินเพิ่มขึ้น(ค่า a^* สูงขึ้นแต่มีค่า b^* ลดลง) รวมถึงมีความเข้มของสีเพิ่มมากขึ้น (ค่า C^0 สูงขึ้น) เนื่องมาจากแคลเซียมไอออนสามารถจับกับหมู่ไฮดรอกซิลอิสระของแอนโทไซยานินเกิด metal complexation ช่วยเพิ่มความคงตัวของสี (Cavalconti *et al.*, 2011) จึงเห็นได้ว่าการ pre-treatment ด้วยสารเคมีต่างชนิดกันย่อมก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงต่อสีของแป้งมันเทศสีม่วงได้แตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระดับความเข้มข้นที่ใช้

2. สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง

การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วง มุ่งเน้นที่การวัดสมบัติทางความหนืดด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว (RVA) ซึ่งแสดงค่าในหน่วย RVU รวมถึง อุณหภูมิที่เริ่มเกิดความหนืด (pasting temperature) และ ระยะเวลาที่เกิดความหนืดสูงสุด (peak time) ดังรายละเอียดใน Table 2.

Table 2. RVA parameters of different pre-treatment purple sweet potato flour

	RVA viscosity properties (RVU)					Pasting Temp ($^{\circ}$ C)	Peak Time (min)
	Peak	Trough	Breakdown	Final	Setback		
Control	25.17±0.35b	8.63±0.18c	16.55±0.18c	12.42±0.23c	3.79±0.06c	81.55±0.07ab	4.00±0.00b
Sodium metabisulfite 0.005%	27.67±0.12c	7.38±0.06b	20.30±0.18d	10.05±0.18b	2.67±0.12b	81.15±0.64ab	3.93±0.00a
Acetic acid 0.5%	68.55±0.18d	60.25±0.47d	8.29±0.65a	79.30±0.18d	19.04±0.30d	81.13±0.60ab	4.57±0.05c
Acetic acid 1%	162.1±0.5e	118.0±0.2e	44.13±0.29e	162.3±0.9e	44.33±0.71e	80.75±0.00a	4.53±0.00c
Calcium Chloride 0.5%	20.30±0.88a	4.38±0.29a	15.92±0.59c	5.25±0.35a	0.88±0.06a	81.60±0.00ab	3.90±0.04a
Calcium Chloride 1%	19.38±1.00a	4.54±1.00a	14.83±0.00b	5.38±1.00a	0.83±0.00a	82.03±0.60b	3.93±0.00a

Values in the same column sharing different letters expressed as significantly different ($p < 0.05$)

แป้งมันเทศสีม่วงที่ pre-treatment ด้วยกรดอะซิติก 1 เปอร์เซ็นต์ มีสมบัติทางความหนืด ได้แก่ ความหนืดสูงสุด (peak), ความหนืดต่ำสุด (trough), ค่าเบรคดาวน์ (breakdown), ค่าความหนืดสุดท้าย (final) และค่าเซตแบค (setback) มีค่าสูงสุด รองลงมาคือ กรดอะซิติก 0.5 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งการลดความเข้มข้นของกรดอะซิติกลงส่งผลทำให้ค่าbreakdown ต่ำกว่าตัวอย่างควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) อย่างไรก็ตาม การ pre-treatment ด้วยกรดอะซิติกทั้งสองความเข้มข้น (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) ส่งผลให้ค่า peak time เพิ่มสูงขึ้น(จาก 4.00 เป็น 4.57 และ 4.53 นาที ตามลำดับ) แสดงว่า แป้งมันเทศสีม่วงมีความแข็งแรงของโครงสร้างเม็ดแป้งมากขึ้นภายหลังการ pre-treatment ด้วยกรดอะซิติก ส่วนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ทำให้ค่า breakdown สูงกว่าตัวอย่างควบคุม แต่การ pre-treatment ด้วยแคลเซียมคลอไรด์ทั้งสองความเข้มข้นกลับทำให้พารามิเตอร์ทดสอบ มีค่าต่ำกว่าตัวอย่างควบคุม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในค่า setback บ่งชี้ว่า การใช้แคลเซียมคลอไรด์ทำให้แป้งมันเทศ สีม่วงมีความคงตัวของเจลและความสามารถในการเกิดรีโทรกราเดชันลดลง (Aina *et al.*, 2009)

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์สมบัติทางเคมีกายภาพของแป้งมันเทศสีม่วงที่ผ่านการ pre - treatment ที่แตกต่างกัน พบว่า การใช้สารละลายกรดอะซิติกทำให้ได้แป้งมันเทศสีม่วงที่เหมาะสมกับการใช้เป็นสารเพิ่มความหนืดในผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น ซอส เกรวี่ ซุป และขนมหวาน รวมถึงใช้ทำบะหมี่และขนมอบต่างๆ (Aprinita *et al.*,

2009) ส่วนแป้งมันเทศสีม่วงที่ผ่านการ pre-treatment ด้วยแคลเซียมคลอไรด์เหมาะต่อการประยุกต์ใช้ในเครื่องดื่มหรือได้พายต่างๆ (Aina *et al.*, 2009) อีกทั้งมีความเป็นไปได้ที่จะนำสารเคมีทั้งสองมาใช้ทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ในการผลิตแป้ง จึงทำให้ได้แป้งมันเทศมีความปลอดภัยต่อการบริโภคมากยิ่งขึ้น (Ahmed *et al.*, 2010)

3. ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชัน

ผลการวิเคราะห์ปริมาณแอนโทไซยานิน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของแป้งมันเทศสีม่วง 6 ตัวอย่าง มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน (Figure 1(a)) โดยพบว่า การ pre-treatment ด้วยสารเคมีที่ต่างกันย่อมส่งผลต่อปริมาณสารพฤกษเคมีทั้งสองได้ทั้งในเชิงบวกและเชิงลบ พบว่า การใช้สารละลายแคลเซียมคลอไรด์ที่ระดับความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 เปอร์เซ็นต์นั้น แป้งมันเทศจะมีปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ($p < 0.05$) เนื่องจากการเกิด metal complexation ทำให้แอนโทไซยานินมีความคงตัวเพิ่มขึ้น (Cavalconti *et al.*, 2011) ส่วนการใช้โซเดียมเมตาไบซัลไฟต์มีค่าที่วิเคราะห์ได้ใกล้เคียงกับตัวอย่างควบคุม แต่การใช้กรดอะซิติกกลับทำให้ปริมาณสารทั้งสองลดลงจากตัวอย่างควบคุม ($p < 0.05$) โดยเกิดการสูญเสียสารพฤกษเคมีมากขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติก ทั้งนี้เนื่องจาก ในสภาวะที่เป็นกรด ทำให้เกิดปฏิกิริยาไฮโดรไลซิสแอนโทไซยานิน โดยเฉพาะอย่างยิ่งที่หมู่ acyl รวมถึงแอนโทไซยานินจะเกิดการสลายตัวมากขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นกรดหรือสภาวะทดสอบมีค่า pH ต่ำลง (Lu *et al.*, 2010; Cavalconti *et al.*, 2011) นอกจากนี้ยังพบว่า แอนโทไซยานินเป็นสารประกอบฟีนอลิกกลุ่มหลักที่พบในมันเทศสีม่วงที่เพาะปลูกในประเทศไทย ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณแอนโทไซยานินของแป้งมันเทศสีม่วง ย่อมส่งผลกระทบต่อปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดด้วยเช่นกัน

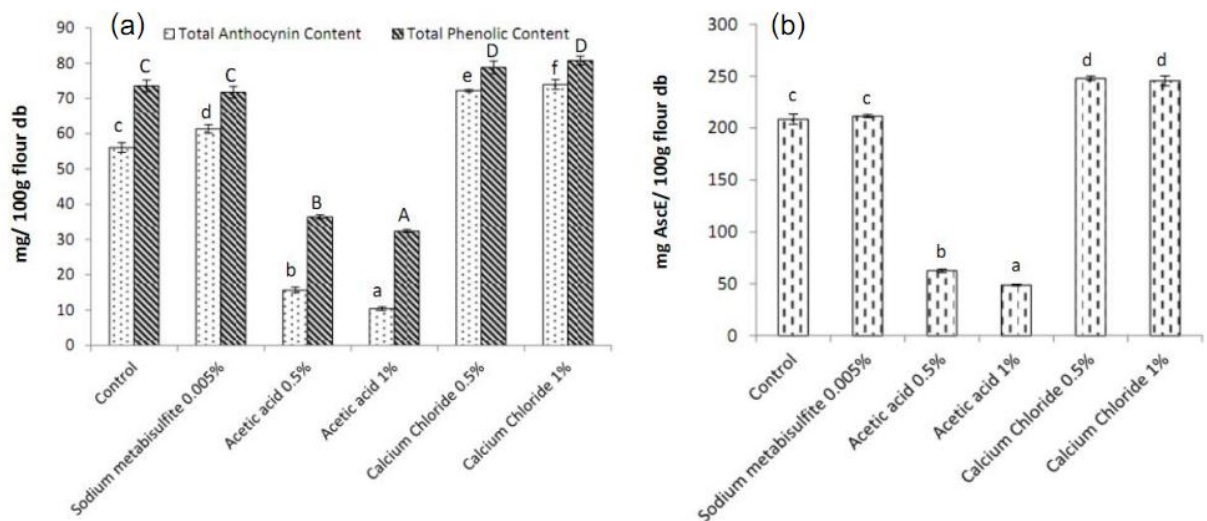


Figure 1. Total anthocyanin, total phenolic content and Antioxidant activity of different pre-treatment sweet potato flour.

(a) Total anthocyanin and total phenolic content expressed as mg cyanidin-3-glucosides equivalents / 100 g flour db and mg gallic acid equivalents / 100 g flour db

(b) Antioxidant activity expressed as mg Ascorbic acid equivalents/ 100 g flour db

The different letters expressed as significantly different ($p < 0.05$)

การวิเคราะห์ความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ถือเป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการประเมินความสามารถในการต้านออกซิเดชันของพืชต่างๆ ซึ่งความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH ของแป้งมันเทศสีม่วงที่ผ่านการ pre-treatment ทั้ง 6 ตัวอย่าง แสดงได้ดัง Figure 1(b) โดยพบแนวโน้มแบบเดียวกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดกล่าวคือ การ pre-treatment แป้งมันเทศด้วยแคลเซียมคลอไรด์ทั้งสองความเข้มข้นมีความสามารถในการทำลายอนุมูลอิสระ DPPH สูงที่สุด ($p < 0.05$) รองลงมาคือ โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ และกรดอะซิติกตามลำดับ รวมถึง การเพิ่มระดับความเข้มข้นของสารละลายจาก 0.5 เป็น 1 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ความสามารถในการต้านออกซิเดชันลดลง ทั้งนี้ขึ้นกับชนิดของสารเคมีเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตาม ความสามารถในการต้านออกซิเดชันที่เปลี่ยนแปลงไปยังขึ้นกับ ปริมาณสารพิษเคมีที่เป็นองค์ประกอบในแป้งมันเทศด้วย

เมื่อพิจารณาปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด และความสามารถในการต้านออกซิเดชันพบว่า การ pre-treatment แป้งมันเทศสีม่วงด้วยสารละลายแคลเซียมคลอไรด์ทั้งสองความเข้มข้น (0.5 และ 1 เปอร์เซ็นต์) สามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานินและปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดได้สูงที่สุด อีกทั้งยังมีความสามารถในการต้านออกซิเดชันสูงที่สุด ซึ่งเหมาะต่อการนำแป้งมันเทศสีม่วงดังกล่าวมาประยุกต์ใช้เป็นแหล่งอาหารสุขภาพ

สรุป

การ pre-treatment แป้งมันเทศสีม่วงด้วยสารเคมีต่างๆ ได้แก่ โซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ กรดอะซิติก และแคลเซียมคลอไรด์ ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าสี สมบัติด้านเคมีกายภาพ ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันแตกต่างกันออกไปตามชนิดของสารเคมีและระดับความเข้มข้นที่ใช้ การใช้กรดอะซิติกทำให้ค่าสีและสมบัติทางความหนืดของแป้งมันเทศสีม่วงเปลี่ยนแปลงมากที่สุด ส่วนการ pre-treatment ด้วยแคลเซียมคลอไรด์สามารถรักษาปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดและความสามารถในการต้านออกซิเดชันไว้ได้สูงที่สุด โดยแป้งที่ผ่านการ pre-treatment ด้วยกรดอะซิติกสามารถใช้เป็นสารเพิ่มความข้นหนืดผลิตภัณฑ์อาหาร ส่วนการใช้แคลเซียมคลอไรด์ทำให้ได้แป้งที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้เครื่องดื่มและไส้ขนมต่างๆ อีกทั้งยังสามารถนำสารเคมีทั้งสองชนิดมาใช้ทดแทนโซเดียมเมตาไบซัลไฟด์ในการผลิตแป้งมันเทศสีม่วงสำหรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวได้

เอกสารอ้างอิง

- วารสารเกษตรกรรมธรรมชาติ. 2553. **มันพื้นบ้าน มันเทศหลากสี คลังอาหารเพื่อสุขภาพ.** รุ่งเรืองสาสน์การพิมพ์. กรุงเทพฯ. 3/2553. 80 หน้า.
- Ahmed, M., M.S., Akter and J.B., Eun. 2010. Effect of pretreatments and drying temperatures on sweet potato flour. *International Journal of Food Science and Technology*. 45: 726-732.
- Aina, A.J., K.O., Falade, J.O., Okingbala and P., Titus. 2009. Physicochemical properties of twenty-one Caribbean sweet potato cultivars. *International Journal of Food Science and Technology*. 44: 1696-1704.
- Anderson, R.A. 1982. Absorption and solubility and amylograph characteristics of roll-cooked small grain products. *Cereal Chemistry*. 59: 265-269.

- Aprianita, A., U., Purwandari, B., Watson and T., Vasiljevic. 2009. Physico-chemical properties of flours and starches from selected commercial tubers available in Australia. **International Food Research Journal**. 16: 507-520.
- Brand-Williams, W., M.E., Cuvelier and C., Berset. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie**. 28: 25-30.
- Bridgers, E.N., M., Chinn and V.D., Truong. 2010. Extraction of anthocyanins from industrial purple-fleshed sweetpotatoes and enzymatic hydrolysis of residues for fermentable sugars. **Industrial Crops and Products**. 32: 613-620.
- Cavalconti, R.N., D.T., Santos and M.A. A., Meireles. 2011. Non-thermal stabilization mechanisms of anthocyanins in model and food systems—An overview. **Food Research International**. 44(2): 499–509.
- Guoquan, L. and G., Qainxin. 2011. Use of sweet potato in bread and flour fortification, pp. 407-416. *In* V., Preedy, R.R., Watson and V.B., Patel, eds. **Flour and breads and their fortification in health and disease prevention**. Academic Press, UK.
- Huang, Y.C., Y.H., Chang and Y.Y., Shao. 2006. Effects of genotype and treatment on the antioxidant activity of sweet potato in Taiwan. **Food Chemistry**. 98: 529-538.
- Kim, H.W., J.B., Kim, S.M., Cho, M.N., Chung, Y.M., Lee, S.M., Chu, J.H., Che, S.N., Kim, S.Y., Kim, Y.S., Cho, J.H., Kim, H.J., Park and D.L., Lee. 2012. Anthocyanin changes in the Korean purple-fleshed sweet potato, Shinzami, as affected by steaming and baking. **Food Chemistry**. 130: 966-972.
- Krishnan, J.G., G., Padmaja, S.N., Moorthy, G., Suja and M.S., Sajeev. 2010. Effect of pre-soaking treatments on the nutrition profile and browning index of sweet potato and yam flours. **International Journal of Food Science and Technology**. 11: 387-393.
- Lu, L.-Z., Y.-Z., Zhou, Y.-Q., Zhang, Y.-L., Ma, L.-X., Zhou, L., Li, Z.-Z., Zhou and T.-Z., He. 2010. Anthocyanin extracts from purple sweet potato by means of microwave baking and acidified electrolyzed water and their antioxidation *in vitro*. **International Journal of Food Science and Technology**. 45: 1378-1385.
- Singleton, V.L., R. Orthofer and R.M., Lamuela-Raventos. 1999. Analysis of total phenol and other oxidation substrates and antioxidants by mean of Folin-Ciocalteu Reagent. **Methods in Enzymology**. 299: 152-177.