

ผลของสีและสายพันธุ์ของผลหมากเมาต่อสมบัติกายภาพ เคมี และสารเชิงสุขภาพ

Effect of Colors and Varieties of Mao Fruits on Physicochemical and Functional Properties

จิรายุ มุสิกกา (Jirayu Musika)* ดร.อัมพร แซ่เอียว (Dr.Amporn Sae-eaw)**

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสมบัติทางกายภาพ เคมี และสารต้านอนุมูลอิสระ ของผลหมากเมา 4 สายพันธุ์ คือ สายพันธุ์ฟ้าประทาน สายพันธุ์สร้างก่อ สายพันธุ์สร้างก่อ1 และสายพันธุ์สร้างก่อ2 และในหมากเมาสายพันธุ์เดียวกันมีสีของผลที่แตกต่างกัน คือ สีม่วงดำ สีน้ำตาล สีแดง และสีผสม เพื่อเป็นข้อมูลในการคัดเลือกวัตถุดิบสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์น้ำมะเมาจากการศึกษาพบว่าหมากเมาต่างสีและสายพันธุ์มีค่าคุณภาพทางด้านกายภาพ เคมี และสมบัติความเป็นสารต้านอนุมูลอิสระแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลหมากเมาสายพันธุ์ฟ้าประทานสีม่วงดำมีค่าคุณภาพด้านประสิทธิภาพการเป็นต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี (DPPH, ABTS) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด เมื่อหาความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พบว่าระดับปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุกโตส มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับสมบัติความเป็นสารเชิงสุขภาพโดยวิธี (DPPH, ABTS) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด ในวัตถุดิบทั้ง 4 สายพันธุ์

ABSTRACT

The objective of this study was to investigate the physical, chemical properties and antioxidant capacities of functional Mao fruits with various colors and varieties for selecting the raw materials to develop Mao juice. Four Mao fruits varieties were Phapatan, Songkoa, Songkoa1 and Songkoa2 and four colors were the color of purple, brown, red and mixed. The results revealed that there were significant difference in physical, chemical and antioxidant capacities properties among four various colors and varieties ($p \leq 0.05$). The Phapatan with purple color had the highest antioxidant capacities (DPPH, ABTS) anthocyanins and total phenolics content. The correlation coefficient on a matrix revealed the positive correlation exists between sugar glucose and fructose content and functional properties (DPPH, ABTS) anthocyanins and total phenolics content in Mao fruits with 4 varieties.

คำสำคัญ: สารต้านอนุมูลอิสระ หมากเมา สมบัติทางกายภาพและเคมี

Key Words: Antioxidant capacities, Mao fruits, Physical and Chemical properties

* นักศึกษา หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

** อาจารย์ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทนำ

เนื่องจากวิถีชีวิตของผู้บริโภคเปลี่ยนแปลงไป และปัจจัยหนุนจากพฤติกรรมของผู้บริโภคที่หันมาสนใจรักษาสุขภาพ ผลิตภัณฑ์จึงต้องตอบโจทย์ผู้บริโภค โดยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค และผลิตภัณฑ์จะต้องมีคุณภาพดี รวมทั้งมีคุณประโยชน์ต่อสุขภาพ จากกระแสความใส่ใจสุขภาพของผู้บริโภคที่มีมากขึ้นดังกล่าว ตลาดผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เพื่อสุขภาพจึงมีแนวโน้มการเติบโตของตลาดอย่างต่อเนื่อง ในปี 2553 ตลาดน้ำผักผลไม้มีมูลค่า 8,500 ล้านบาท ซึ่งเพิ่มขึ้นจากปี 2552 ที่มีมูลค่าตลาด 7,500 ล้านบาท หรือมีการขยายตัวเพิ่มขึ้นประมาณร้อยละ 11.8 (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2554)

หมากเฒ่า (*Antidesma thwaitesianum* Muell Arq) เป็นไม้ผลกลุ่มเบอร์รี่ พบกระจายอยู่ในประเทศไทย พบมากที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ มีประมาณ 18 ชนิด (species) จำนวน 10 สายพันธุ์ (Holfmann, 2000) ผลหมากเฒ่าเมื่อสุกมีสีแดงไปจนถึงม่วงเข้ม มีปริมาณแอนโทไซยานิน (anthocyanin) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic) สูง และมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ หมากเฒ่าจึงเป็นที่สนใจและถูกส่งเสริมให้เกษตรกรเพาะปลูกในหลายพื้นที่ในของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เช่น จังหวัดสกลนคร นครพนม หนองคาย และ มุกดาหาร โดยใช้หมากเฒ่าเป็นวัตถุดิบส่งโรงงานแปรรูปเพิ่มมากขึ้น การผลิตน้ำหมากเฒ่า ส่วนใหญ่เป็นธุรกิจที่ดำเนินการโดยคนในท้องถิ่น อย่างไรก็ตามการแปรรูปในปัจจุบันยังพบปัญหาเนื่องจากหมากเฒ่าเป็นไม้ผลขนาดเล็ก มีช่วงอายุการเก็บเกี่ยวสั้น และระยะการสุกแก่ของผลต่างกัน ในกิ่งหรือพวงเดียวกันสนิทพิมพ์ สิมมาทัน(2552) ประกอบกับเกษตรกรเพาะปลูกไม้ผลดังกล่าวหลากหลายสายพันธุ์ในบริเวณพื้นที่เดียวกัน เมื่อถึงฤดูเก็บเกี่ยว ผลหมากเฒ่าที่ออกมาจึงต้องเก็บเกี่ยวผลนำไปคั้นเป็นน้ำให้ทันต่อการแปรรูป วัตถุดิบจากหลากหลายแหล่งผลิต หลากหลายระยะความสุกแก่ สี และสายพันธุ์ เมื่อไม่มีจัดการและควบคุมที่ดี ย่อม

ส่งผลต่อคุณภาพของวัตถุดิบ และเมื่อนำมาแปรรูป จะให้สี กลิ่น และรสชาติของน้ำหมากเฒ่าที่แตกต่างกัน ส่งผลต่อคุณภาพและการยอมรับผลิตภัณฑ์ของผู้บริโภค ผลหมากเฒ่าหลวง 4 สายพันธุ์ที่ศึกษาประกอบด้วยหมากเฒ่า สายพันธุ์ฟ้าประทาน สร้างคือ สร้างคือ1 และสร้างคือ2 จากอำเภอภูพาน ได้ผ่านการคัดเลือก ปรับปรุงพันธุ์มาหลวงจาก 10 สายต้นของอำเภอต่างๆ ในจังหวัดสกลนคร เป็นสายพันธุ์ที่ให้ผลผลิตสูง และยังเป็นพันธุ์ที่ได้รับส่งเสริมให้เพาะปลูกอย่างแพร่หลายของจังหวัดสกลนคร สุจิตรา และคณะ, (2550) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่นำผลหมากเฒ่า 4 สายพันธุ์ ที่มีสีแตกต่างกัน ดังกล่าว มาศึกษาลักษณะคุณภาพทางกายภาพ เคมี และสารเชิงสุขภาพที่สำคัญ เพื่อนำข้อมูลไปใช้ในการคัดเลือกวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้เพื่อสุขภาพ ซึ่งนอกจากจะเป็นการยกระดับมาตรฐานคุณภาพการผลิตพืชผลไม้ท้องถิ่นของไทยแล้ว ยังเป็นการพัฒนาสินค้าพื้นบ้านไทยให้มีคุณภาพ และมีศักยภาพในการแข่งขันทางการตลาดทั้งในและต่างประเทศต่อไป

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมวัตถุดิบ

ผลหมากเฒ่าจากไร่ภูพานอีลล์ อำเภอภูพาน จังหวัดสกลนคร ดันหมากเฒ่าที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ อายุ 5 ปี สายพันธุ์ที่ทำการศึกษา คือ พันธุ์ฟ้าประทาน, พันธุ์สร้างคือ, พันธุ์สร้างคือ 1 และพันธุ์สร้างคือ 2 สุ่มเก็บสายพันธุ์ละ 5 ต้น ต้นละ 5 กิโลกรัม ดึงผลออกจากพวง ล้างน้ำ เป่าลมให้แห้ง จากนั้นแยกสีตัวอย่างออกเป็น 4 สี คือ สีม่วงดำ, สีน้ำตาล สีแดง และสีผสม นำตัวอย่างบรรจุในถุง Low-density Polyethylene นำไปเก็บที่อุณหภูมิแช่เยือกแข็ง (-18 °C)

2. การสกัดตัวอย่างหมากเฒ่า

นำตัวอย่างผลหมากเฒ่าสุกจากข้อ 1 จำนวน 60 กรัม บดให้ละเอียดด้วยเครื่องปั่น เติมน้ำตาล 95 เปอร์เซ็นต์ ปริมาตร 300 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 25 องศา

เซลเซียส นาน 4 ชั่วโมง นำมากรองผ่านกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไปปั่นเหวี่ยง 1500 รอบต่อนาที เวลา 15 นาที จากนั้นทำการระเหิดสารด้วยเครื่องระเหย Rotary Evaporator ที่อุณหภูมิ 50 °C บรรจุขวดแก้วที่บีบแสง ได้อากาศโดยก๊าซไนโตรเจน เก็บที่อุณหภูมิ -20 °C รอการวิเคราะห์ค่าคุณภาพ

3. การวัดค่าคุณภาพทางกายภาพ

นำตัวอย่างผลหมากเมาจากข้อ 1 วัดค่าสีระบบ CIE L a b ด้วยเครื่อง Chroma meter Minolta รุ่น CR 300 ประเทศญี่ปุ่น รายงานค่าเป็น L* (ค่าความสว่าง) a* (ค่าความเป็นสีแดง) b* (ค่าความเป็นสีเหลือง) (Tiwari, Donnell, Patras, Brunton and Cullen, 2009)

วัดขนาดผลวัดดูบิโดยใช้เวอร์เนีย รายงานค่าเป็นมิลลิเมตร (AOAC, 2000)

วัดร้อยละผลผลิต (%Yield) รายงานค่าเป็นร้อยละของผลผลิตที่ได้ต่อปริมาณวัตถุดิบเบื้องต้น (AOAC, 2000)

4. การวัดค่าคุณภาพทางเคมี

วัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้โดยนำตัวอย่างวัดปริมาณของแข็งที่ละลายได้ด้วย Refractometer รุ่น Pocket Refractometer ATAGO ประเทศญี่ปุ่น รายงานผลเป็นองศาบริกซ์ (°Brix) (AOAC, 2000)

วัดค่าความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่อง pH meter รุ่น LE 409 ของบริษัท Mettler Toledo ประเทศสวิสเซอร์แลนด์ และปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต (ร้อยละ) โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.1 นอร์มอล (AOAC, 2000)

วัดปริมาณน้ำตาลโดยวิธี High Performance Chromatography เครื่อง HPLC (Water รุ่น 600) ประกอบด้วยปั๊ม (Water TM controller) และ mobile phase คือ Double deionized water กำหนด flow rate เท่ากับ 0.5 มิลลิลิตรต่อนาที ใช้คอลัมน์ Sugar pek™ I column กำหนด UV/VIS detector ที่ 520 นาโนเมตร วิธีการสกัดน้ำตาล ดังนี้ ผสมผลหมากเมาที่บดละเอียด

กับตัวทำละลาย Double deionized water อัตราส่วน 2 : 1 แขนาน 6 ชั่วโมง นำสารละลายที่ได้มาปั่นเหวี่ยง 10,000 รอบต่อนาที เวลา 30 นาที จากนั้นกรองด้วย millipore filter ขนาด 0.45 ไมครอน วิเคราะห์ด้วย HPLC

5. การวัดปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพ

นำตัวอย่างผลหมากเมาสุกที่ผ่านการสกัดจากข้อ 2 ตรวจสอบปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมดโดยวิธี pH-differential Giusti and Wrolstad (2005) โดยปรับระดับความเจือจางของตัวอย่างใน 0.025 โมลาร์โพแทสเซียมคลอไรด์บัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 1.0 และ 0.4 โมลาร์โซเดียมอะซิเตตบัฟเฟอร์ที่ความเป็นกรด-ด่าง 4.5 จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 510 และ 700 นาโนเมตร รายงานผลในรูปของมิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง

ตรวจสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี DPPH ดัดแปลงจากวิธีของ Maissuthisakul, Suttajit and Pongsawatmanit (2007) นำสารสกัด 0.1 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลละลาย DPPH 0.1 มิลลิโมลาร์ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่า และตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 15 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 515 นาโนเมตร นำผลการทดลองนำมาเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox รายงานผลเป็นสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อ กรัม)

ตรวจสอบสมบัติการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS ดัดแปลงจากวิธีของ Maissuthisakul *et al.*, (2007) นำสารสกัด 0.1 มิลลิลิตร เติมน้ำตาลละลาย ABTS ที่เตรียมไว้ 0.1 มิลลิโมลาร์ปริมาตร 3 มิลลิลิตร เขย่า วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 734 นาโนเมตร นำผลการทดลองนำมาเทียบกับกราฟมาตรฐานของ Trolox รายงานผลเป็นสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ ABTS (มิลลิกรัมสมมูลของ Trolox ต่อกรัม)

ตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดโดยวิธี total phenols assay ซึ่งดัดแปลงจากวิธีของ Maissuthisakul *et al.*, (2007) โดยใช้สารสกัด 0.2

มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นโพลีน-ซีโอเคทูลสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องนาน 90 นาที นำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ใช้กรดแกลลิกเป็นสารมาตรฐาน รายงานผลเป็นปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัม)

6. การประเมินผลทางสถิติ

วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS version 17 ใช้การจัดหน่วยทดลองแบบแฟกทอเรียล 4x4 (Factorial Experiment) วิเคราะห์ค่าคุณภาพ หาค่าเฉลี่ย เปรียบเทียบความ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านสี และสายพันธุ์ ต่อค่าคุณภาพทางกายภาพ เคมี และปริมาณสารเชิงสุขภาพของผลหมากเฒ่า

องค์ประกอบ	สี		สายพันธุ์		สี*สายพันธุ์	
	F-value	P-value	F-value	P-value	F-value	P-value
L*	56.40	0.00*	3.33	0.03*	7.54	0.00*
a*	46.76	0.00*	4.73	0.05*	3.48	0.00*
b*	63.67	0.00*	3.30	0.026*	6.90	0.00*
น้ำหนัก	10.98	0.00*	77.17	0.00*	3.04	0.00*
ขนาด	43.25	0.00*	385.68	0.00*	0.59	0.84ns
%Yield	30.96	0.00*	213.78	0.00*	2.27	0.73ns
Acidity	2,439.00	0.00*	194.00	0.00*	114.54	0.00*
pH	436.60	0.00*	44.66	0.00*	31.57	0.00*
°Brix	13,400.00	0.00*	142.52	0.00*	786.11	0.00*
กลูโคส	2,204.00	0.00*	14.21	0.00*	45.83	0.00*
ฟรักโตส	2,327.00	0.00*	12.81	0.00*	53.08	0.00*
DPPH	361.50	0.00*	103.34	0.00*	21.77	0.00*
ABTS	388.76	0.00*	48.72	0.00*	23.97	0.00*
Anthocyanin	1,298.00	0.00*	65.04	0.00*	151.71	0.00*
TPC	167.32	0.00*	11.00	0.00*	9.28	0.00*

หมายเหตุ F-value หมายถึง ค่าที่ใช้พิจารณาใน F-distribution

p-value หมายถึง ค่าสถิติที่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

ns หมายถึง ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

* หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

แตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลของปัจจัยในการศึกษาค่าคุณภาพด้านต่างๆ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 พบว่า ผลอิทธิพลร่วมของสี และสายพันธุ์ส่งผลต่อค่าคุณภาพกายภาพ เคมี และปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแสดงดังตารางที่ 1

จากผลการทดลองพบว่าสี และสายพันธุ์ มีผลต่อค่าคุณภาพกายภาพ เคมี และปริมาณสารเชิงสุขภาพอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ดังนั้น ค่า (L^*) คือค่าความสว่างอยู่ในช่วง 18.69 ± 0.38 ถึง 33.49 ± 0.39 ค่า (a^*) คือค่าความเป็นสีแดงอยู่ในช่วง 1.31 ± 0.04 ถึง 19.95 ± 0.39 ค่า (b^*) คือค่าความเป็นสีเหลืองอยู่ในช่วง 0.25 ± 0.03 ถึง 15.18 ± 0.39 ซึ่งค่าสี L^* a^* และ b^* เพิ่มขึ้นในผลหมากเฒ่าสุกสีแดงโดยหมากเฒ่าสายพันธุ์สร้างค้อสีแดงมีค่าสูงสุด ($p < 0.05$) ขนาดของผลอยู่ในช่วง 0.78 ± 0.06 ถึง 1.13 ± 0.10 มิลลิเมตร น้ำหนักของผลอยู่ในช่วง 0.40 ± 0.53 ถึง 0.92 ± 0.07 กรัม ร้อยละผลผลิตอยู่ในช่วงร้อยละ 63.00 $\pm$ 0.00 ถึง 75.00 $\pm$ 0.00 ซึ่งน้ำหนัก ขนาด และร้อยละผลผลิตเพิ่มขึ้นในผลหมากเฒ่าสีม่วงดำในสายพันธุ์สร้างค้อ 2 มีค่าสูงสุด คุณภาพด้านเคมี ปริมาณกรดที่ได้จากการไทเทรต (ร้อยละ) อยู่ในช่วง 4.80 ± 0.14 ถึง 25.70 ± 0.57 โดยหมากเฒ่าสายพันธุ์สร้างค้อสีแดงมีค่าสูงสุด ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) อยู่ในช่วง 2.77 ± 0.06 ถึง 3.74 ± 0.01 หมากเฒ่าสายพันธุ์ฟ้าประทานสีม่วงดำมีค่าสูงสุด ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายได้ ($^{\circ}\text{Brix}$) อยู่ในช่วง 4.80 ± 0.00 ถึง 16.00 ± 0.00 หมากเฒ่าสายพันธุ์สร้างค้อ 1 สีม่วงดำมีค่าสูงสุด ปริมาณน้ำตาลกลูโคสอยู่ในช่วง 0.04 ± 0.00 ถึง 10.03 ± 0.48 มิลลิกรัม ต่อกรัม น้ำหนักแห้ง และปริมาณน้ำตาลฟรักโทสอยู่ช่วง 0.11 ± 0.81 ถึง 11.78 ± 0.51 มิลลิกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง หมากเฒ่าสายพันธุ์ฟ้าประทานสีม่วงดำมีค่าสูงสุด

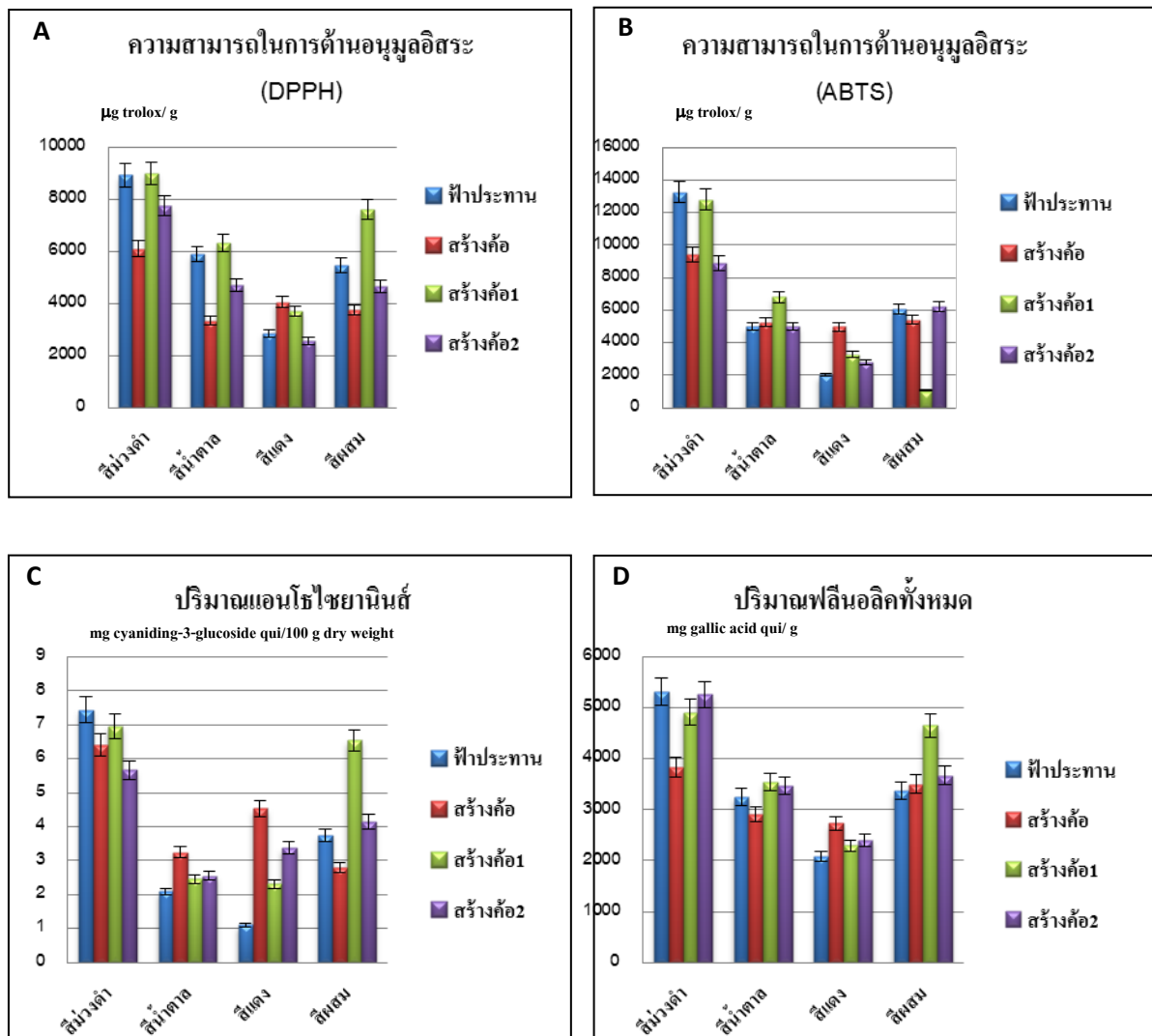
จากการศึกษาผลของสี และสายพันธุ์ของผลหมากเฒ่าสุก ต่อปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพโดยวัดประสิทธิภาพการเป็นต้านอนุมูลอิสระ (โดยวิธี DPPH และ ABTS) ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด โดยพบว่าตัวอย่างหมากเฒ่าสุกที่มีสีม่วงดำของทุกสายพันธุ์มีปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพสูง โดยสายพันธุ์ฟ้าประทานสีม่วงดำ มีปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพสูงสุด ดังแสดงในภาพที่ 1A, 1B

จากการศึกษาสมบัติด้านประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี DPPH และ ABTS ที่มีในผลหมากเฒ่าสุก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยสมบัติด้านประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี DPPH ของหมากเฒ่าสายพันธุ์ทั้ง 4 สายพันธุ์อยู่ในช่วง 2,556.60 ถึง 8,911.70 ไมโครกรัมต่อกรัม เทียบเท่า Trolox และกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระโดยวิธี ABTS อยู่ในช่วง 2,806.90 ถึง 13,245.00 ไมโครกรัมต่อกรัม น้ำหนักแห้ง เทียบเท่า Trolox หมากเฒ่าสีม่วงดำ สายพันธุ์ฟ้าประทานมีสมบัติด้านประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี DPPH และ ABTS สูงสุด เท่ากับ 8,911.70 และ 13,246.00 ไมโครกรัมต่อกรัม เทียบเท่า Trolox ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และสมบัติด้านประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระของหมากเฒ่าหลวง พบว่าระหว่างการสุกหมากเฒ่ามีสมบัติด้านประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้น มีค่าอยู่ในช่วง 0.06 ถึง 0.96 EC50 ไมโครกรัมต่อไมโครกรัม DDPH Luchai and Samappito (2009) หมากเฒ่าที่มีสมบัติด้านประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระสูงสุดคือหมากเฒ่าหลวงสีม่วงดำ

สี และสายพันธุ์มีปริมาณแอนโทไซยานิน ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ทั้ง 4 สายพันธุ์ มีปริมาณแอนโทไซยานิน อยู่ในช่วง 13.70 ± 0.12 ถึง 74.53 ± 0.45 มิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง หมากเฒ่าสีม่วงดำ สายพันธุ์ฟ้าประทานมีปริมาณแอนโทไซยานิน สูงสุด เท่ากับ 74.53 ± 0.45 มิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้ง (ดังแสดงในภาพที่ 1C) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาหมากเฒ่ากระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2553) พบว่าหมากเฒ่าสุกสีม่วงดำสายพันธุ์ประทาน สร้างค้อ 1 และ สร้างค้อ 2 มีปริมาณแอนโทไซยานินอยู่ในช่วง 73.45 ถึง 141.94 มิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อ

100 กรัมน้ำหนักแห้ง ซึ่งในผลไม้เมื่อสุกจะเกิดการเปลี่ยนแปลงของสี เกิดจากการสังเคราะห์รงควัตถุ

ผลไม้จึงแสดงออกแตกต่างกัน เช่น



ภาพที่ 1 ปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพของผลหมากเม่า 4 สี และ 4 สายพันธุ์ ภาพ (A) และ (B) แสดงสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี DPPH และ ABTS (หน่วยไมโครกรัมต่อกรัมเทียบเท่า Trolox) ภาพ (C) แสดงปริมาณสารแอนโทไซยานิน (หน่วยมิลลิกรัมสมมูลไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ต่อ 100 กรัมน้ำหนักแห้ง) และภาพ (D) แสดง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด (หน่วยมิลลิกรัมต่อกรัมเทียบเท่ากรดแกลลิก)

ในมะเขือเทศจะมีการสังเคราะห์รงควัตถุโดยเฉพาะไลโคปีน จึงทำให้มีสีแดงในระยสุกเต็มที่ ส่วนสีของแอนโทไซยานินในขณะที่ผลไม้สุกมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานินในอัตราที่สูง แอนโทไซยานินในเซลล์พืชหรือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากพืช มักไม่ค่อยเสถียรเมื่อโครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปจะทำให้สีเปลี่ยนไปด้วยสีและการเปลี่ยนแปลงของแอนโทไซยานิน ขึ้นอยู่กับ

ปัจจัยด้านแสง ออกซิเจน ความร้อน สภาพความเป็นกรด-เบส เอ็นไซม์ วิตามินซี ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ SO_2 ไอออนของโลหะ โมเลกุลของน้ำตาล ฟีนอล และสารให้สีอื่น ๆ ล้วนมีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินระหว่างการสุกของผลไม้จะมีการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณคาร์โบไฮเดรตที่สะสมอยู่ในเนื้อเยื่อ น้ำตาลซูโครสในผลไม้จะ

กระตุ้นให้เกิดการสังเคราะห์แอนโทไซยานิน ดังนั้น ในระหว่างผลไม้สุกปริมาณน้ำตาลกลูโคส และ ฟรักโทส จะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ปริมาณสารแอนโทไซยานิน เพิ่มขึ้นด้วย สังคม เศรษฐกิจ (2551) ปริมาณ แอนโทไซยานินในผลหมากเฒ่าสุกโดยมีความสัมพันธ์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณน้ำตาล กลูโคส และน้ำตาลฟรักโทส ผลแสดงดังตารางที่ 2

จากการศึกษาผลของสี และสายพันธุ์ต่อ สารฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) ที่มีในผลหมากเฒ่าสุก พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 2,083.10 ถึง 5,323 มิลลิกรัมต่อกรัมเทียบเท่ากรดแกลลิก หมากเฒ่าสีม่วงดำ สายพันธุ์ฟ้าประทาน มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด สูงสุดเท่ากับ 5,323 มิลลิกรัมต่อกรัม เทียบเท่ากรดแกลลิก สารประกอบฟีนอลิกหรือสารประกอบฟีนอลเป็นสารที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อประโยชน์ใน กระบวนการเติบโตและการขยายพันธุ์ของพืช จากผล

การทดลองพบว่าเมื่อหมากเฒ่าเปลี่ยนจากสีแดงเป็นสี ม่วงดำจะมีปริมาณฟีนอลิกเพิ่มขึ้น (ดังแสดงในภาพ ที่ 1D) สารประกอบฟีนอลิก ที่พบในพืชมักจะรวมอยู่ ในโมเลกุลของน้ำตาลในรูปของสารประกอบไกลโคไซด์ น้ำตาลชนิดที่พบมากที่สุด ในโมเลกุลของ สารประกอบฟีนอลิก คือ น้ำตาลกลูโคส และพบว่ามี การรวมตัวกันระหว่างสารประกอบฟีนอลด้วยกันเอง นิธิยา รัตนานนท์(2551) สอดคล้องกับผลการศึกษา ความสัมพันธ์ของค่าคุณภาพ ทดลองที่พบว่าปริมาณ สารฟีนอลิกทั้งหมด มีความสัมพันธ์ทางบวกกับ ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวิธี DPPH และ ABTS ปริมาณสารแอนโทไซยานิน ปริมาณ น้ำตาลกลูโคส และปริมาณน้ำตาลฟรักโทส (ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.82 0.92 0.92 0.90 และ 0.89 ตามลำดับ ผลแสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์^{1/} (Correlation coefficient) ระหว่างค่าคุณภาพกายภาพ เคมี และปริมาณ สารสำคัญเชิงสุขภาพของสี และสายพันธุ์หมากเฒ่าสุก

องค์ประกอบทางเคมี	L*	a*	b*	น้ำหนัก	ขนาด	%Yield	Acidity	pH	°Brix	กลูโคส	ฟรักโทส	Antho cyanin	DPPH ^{2/}	ABTS ^{3/}	TPC ^{4/}
L*	1	0.866**	0.943**	-0.133	-0.157	-0.181	0.777**	-0.552*	-0.712**	-0.770**	-0.769**	-0.477	-0.642**	-0.635	-0.732**
a*	0.866**	1	0.933**	-0.245	-0.305	-0.274	0.869**	-0.730**	-0.869**	-0.841**	-0.841**	-0.693**	-0.692**	-0.743**	-0.762**
b*	0.943**	0.933**	1	-0.110	-0.135	-0.135	0.817**	-0.637**	-0.779**	-0.768**	-0.768**	-0.524**	-0.658**	-0.680**	-0.707**
น้ำหนัก	-0.133	-0.245	-0.110	1	0.888**	0.837**	-0.130	0.038	0.296	0.207	0.206	0.181	-0.100	0.016	0.316
ขนาด	-0.157	-0.305	-0.135	0.888**	1	0.979**	-0.132	-0.032	0.337	0.222	0.208	0.245	-0.002	0.103	0.276
%Yield	0.777	-0.74	-0.135	0.837	0.979**	1	-0.096	-0.074	0.318	0.209	0.194	0.207	-0.014	0.092	0.280
Acidity	0.777**	0.869**	0.817**	-0.130	-0.132	-0.096	1	-0.864**	-0.894**	-0.892**	-0.895**	-0.659**	-0.766**	-0.785**	-0.770**
pH	-0.552*	-0.730**	-0.637**	0.038	-0.032	-0.074	-0.864**	1	0.843**	0.802**	0.832*	0.676**	0.594*	0.718**	0.585*
°Brix	-0.712**	-0.869**	-0.779**	0.296	0.337	0.318	-0.894**	0.843**	1	0.942**	0.947**	0.797**	0.735**	0.862**	0.840**
กลูโคส	-0.770**	-0.841**	-0.768**	0.207	0.222	0.209	-0.892**	0.802**	0.942**	1	0.998**	0.841**	0.833**	0.905**	0.905**
ฟรักโทส	-0.769**	-0.841**	-0.768**	0.206	0.208	0.194	-0.895**	0.832**	0.947**	0.998**	1	0.841**	0.818**	0.902**	0.890**
Anthocyanin	-0.477	-0.693**	-0.524*	0.181	0.245	0.207	-0.659**	0.676**	0.797**	0.841**	0.841**	1	0.774**	0.909**	0.817**
ABTS	-0.642**	-0.692**	-0.658**	-0.100	-0.002	-0.014	-0.766**	0.594*	0.735**	0.833**	0.818**	0.774**	1	0.933**	0.924**
DPPH	-0.635**	-0.743**	-0.680**	0.016	0.103	0.092	-0.785**	0.718**	0.862**	0.905**	0.902**	0.909**	0.933**	1	0.927**
TPC	-0.732**	-0.762**	-0.707**	0.136	0.271	0.280	-0.770**	0.585*	0.840**	0.905**	0.890**	0.817**	0.924**	0.927**	1

หมายเหตุ :

^{1/} ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ขององค์ประกอบทางเคมี ที่มีค่ามากกว่า 0.8 แสดงค่าคุณภาพมีความสัมพันธ์กันสูงที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ (* และ ** คือที่ $p < 0.05$, และ $p < 0.01$) ^{2/} DPPH และ ^{3/} ABTS หมายถึง วิธีการวัดประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ^{4/} TPC หมายถึง ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด

สรุปผลการวิจัย

จากศึกษาผลหมากเฒ่าสุกที่มีความแตกต่างกันด้านสี และสายพันธุ์ พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพ ได้แก่ ประสิทธิภาพการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระวัดโดยวิธี (DPPH และ ABTS) ปริมาณแอนโทไซยานิน และปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด มีปริมาณสูงเมื่อผลหมากเฒ่าสุกมีสีม่วงดำ ส่วนสายพันธุ์ของผลหมากเฒ่าที่มีปริมาณสารสำคัญเชิงสุขภาพสูงสุด คือ สายพันธุ์ฟ้าประทาน จากงานวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงสมบัติของวัตถุดิบผลหมากเฒ่าสุก เพื่อใช้ในการคัดเลือกวัตถุดิบ นำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์น้ำผลไม้ที่มีคุณภาพเพื่อสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น งานวิจัย นี้ได้รับการสนับสนุนจาก โครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและการพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ ของสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2553. ผลการวิเคราะห์ผลเฒ่าสด 15 สายพันธุ์ กรมวิทยาศาสตร์บริการ อ้างถึงใน อร่าม คุ่มกลาง และวินัย แสงแก้ว. 2543. งานประดิษฐ์คิดค้น ผลิตภัณฑ์จากพืชตระกูลมะเฒ่า (STILAGINACEAE) สถาบันวิจัยและฝึกอบรมการเกษตรสกลนคร สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตสกลนคร หน้า 71.

การเติบโตของตลาดน้ำผลไม้ในประเทศไทย. 2554. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. บทวิเคราะห์ธุรกิจ. แหล่งที่มา จาก <http://kasikornresearch.com/TH/KEcon>

%20Analysis/Pages, ค้นเมื่อ 25 ธันวาคม 2553.

- นิชิยา รัตนานนท์. 2545. รังควัตถุ. ใน เคมีอาหาร. โอเดียนสโตร์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 421-428.
- สนิทพิมพ์ สิมมาทัน. 2552. หมากเฒ่า พืช พันธุ์บ้านเพื่อสุขภาพ. วารสารกสิกรรมและเกษตร. กรุงเทพมหานคร. หน้า 53-56.
- สุจิตรา เจาะจง, กาญจนา รุจิพจน์, สุพรรณ ทุมมา, พิเชษฐ เวชวิฐาน, อัมพร ภูศรีฐาน, สงกรานต์ ชีระบุตร และวินัย แสงแก้ว. 2550. การคัดเลือกและพัฒนาสายพันธุ์เฒ่า. คณะทรัพยากรธรรมชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร: สกลนคร.
- สังคม เศรษฐวงศ์เสถียร. 2551. สรีรวิทยาของพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน. ภาควิชาพืชสวน. คณะเกษตรศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. หน้า 52-56.
- อร่าม คุ่มกลาง และวินัย แสงแก้ว. 2540. มะเฒ่าไม้ผลท้องถิ่นที่ต้องพัฒนา. วารสารเทคโนโลยีชาวบ้าน. กรุงเทพมหานคร. หน้า 40-42.
- AOAC, 2000. Official Methods of Analysis (17 th ed.) Washington, DC: Association of Official Analytical Chemists.
- Giusti, MM., and Wrolstad, RE. 2005. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy, pp. 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 :19-31.

- Hoffmann, P. 2000. Checklist of the Genus *Antidesma* (Euphorbiaceae) in Thailand. Thai.For.Bull. 28:139-156.
- Butkhup, L., and Samappito, S. 2010. Changes in physic-chemical properties, polyphenol compounds and antiradical activity during development and ripening of maoluang (*Antidesma buius* L. Spreng) Fruits. J Fruit and Ornamental Plant Research 19 (1): 85-99.
- Maissuthisakul, P., Suttajit, M., and Pongsawatmanit, R. 2007. Assessment of phenolic content and free radical scavenging capacity of some Thai indigenous plants. J Food Chemistry 100(1):1409-1418.
- Tiwari, BK., Donnell, CP., Patras, A., Brunton, N., and Cullen, PJ. 2009. Anthocyanins and color degradation in ozonated grape juice. J Food and Chemical Toxicology 47:2824-2829.