ผลของสายพันธุ์เม่าหลวงต่อปริมาณกรดออกซาลิก

The effect of Mao varieties on oxalic acid content

สุภกาญจน์ พรหมขันธ์[1*], ศุกฤชชญา เหมะธุลิน[1] และ ชนิษฎา วงศ์บาสก์[1]

Supakarn Promkhan[1*], Sukrichaya Hemathulin[1] and Chanidda Wongbasg[1]

บทคัดย่อ: เม่าเป็นผลไม้ท้องถิ่นภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยที่มีรสฝาดเฝื่อน แต่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ปัจจุบันเม่าเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเครื่องดื่มระดับท้องถิ่น งานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณกรดออกซาลิกในเม่าหลวง 14 สายพันธุ์ และนำเม่าสายพันธุ์ที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงสุดมาวิเคราะห์เพิ่มเติม โดยศึกษาผลของปริมาณกรดออกซาลิกต่อระยะการสุกของเม่า 3 ระยะ (ชมพู แดง และดำ) และส่วนต่างๆ ของผลเม่า (เมล็ด กาก และน้ำ) รวมถึงผลของความร้อนที่มีต่อปริมาณกรดออกซาลิก โดยทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) จากผลการศึกษา พบว่า เม่าสายพันธุ์ภูพานทองมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด คือ 67.73 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) และเมื่อนำเม่าสายพันธุ์ภูพานทองไปทำการวิเคราะห์เพิ่มเติมในส่วนต่างๆ ของเม่า ได้แก่ เมล็ด กาก และน้ำ พบว่า เมล็ดเม่ามีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด รองลงมาคือ ส่วนของกาก และน้ำ โดยในเมล็ดของเม่าผลแดงมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด คือ 335.47 มก./100 ก. สำหรับผลของระยะสุกของเม่า พบว่าเม่าแดงมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด รองลงมาคือ เม่าชมพูและดำ ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในส่วนของน้ำ พบว่า น้ำเม่าจากผลแดงมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุดคือ 38.86 มก./100 ก. รองลงมาคือ น้ำเม่าจากผลชมพูและผลดำที่มีปริมาณกรดออกซาลิกเท่ากับ 30.87 และ 28.28 มก./100 ก. ตามลำดับ โดยเมื่อนำน้ำเม่าไปผ่านการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีผลทำให้ปริมาณกรดออกซาลิกในน้ำเม่าลดลง 14.82% เมื่อเปรียบเทียบกับน้ำเม่าก่อนการให้ความร้อน

คำสำคัญ: เม่าหลวง, ออกซาเลต, ระยะสุก, ความร้อน

ABSTRACT: Mao, as a local fruit to Northeast of Thailand, is astringent in taste, but high in nutritional value. Nowadays, Mao is a raw material in local beverage industry. The objective of this research was to study the oxalic acid content in 14 varieties of Mao-Luang fruit. For only 1 variety of Mao fruit that has the highest amount of oxalic acid was selected to study the effect of ripening stage (pink, red and black) and 3 parts of Mao fruit (pulp, seed and juice) on oxalic acid content. More over the effect of heat on oxalic acid content was studied. Oxalic acid content was analyzed by High Performance Liquid Chromatography (HPLC). The result showed that Phuphanthong variety has the highest content of oxalic acid (67.73 mg/100 g (dry weight)). The result of further analysis in seeds, pulp and juice of Phuphanthong variety showed that their seeds had the highest content of oxalic acid followed by pulp and juice. In seeds of red Mao fruit had the highest oxalic acid (335.47 mg/100 g). For the effect of mature stage of Mao fruit found that red Mao fruit had the highest content of oxalic acid followed by pink and black Mao fruit, respectively. Considering in juice, red Mao juice had the highest oxalic acid (38.86 mg/100 g) followed by pink and black Mao juice had 30.87 and 28.28 mg/100 g of oxalic acid, respectively. After heat exposure at 90°C for 15 min, oxalic acid content was decreased. Oxalic acid content of black Mao juice was decreased by 14.82% after heat exposure.
Keywords: Mao-Luang, Oxalate, ripening stage, heat

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสกลนคร 47160

Department of Food Science and Technology, Faculty of Natural Resources, Rajamangala University of Technology Isan, Sakon Nakhon, 47160

* Correspondence author: s_promkhan@hotmail.com

บทนำ

เม่าหลวง (*Antidesma bunius* L.) เป็นไม้ผลท้องถิ่นในภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีรสฝาดเปรี้ยวอุดมด้วยสารโภชนาการ อีกทั้งเป็นแหล่งของแร่ธาตุและวิตามิน ได้แก่ แคลเซียม เหล็ก วิตามินบี วิตามินซี วิตามินอี และกรดอะมิโนมากถึง 18 ชนิด (อร่าม และวินัย, 2543) ทำให้ได้รับความนิยมและมีการนำเข้าสู่กระบวนการทางอุตสาหกรรมอาหารมากขึ้น แต่ยังไม่พบรายงานที่กล่าวถึงสารให้โทษหรือสารต้านโภชนาการ (antinutrient) จากเม่า นั่นคือ กรดออกซาลิก (Oxalic acid: $C_2H_2O_4$) ซึ่งพบได้ในอาหารทั่วไป เมื่ออยู่ในรูปของประจุเรียกว่า ออกซาเลต ($C_2O_4^{2-}$) มีคุณสมบัติเป็นประจุลบ สามารถสร้างพันธะกับไอออนที่มีประจุบวก เช่น Fe^{2+}, Fe^{3+}, Cu^{2+}, Al^{3+} และ Cr^{3+} เป็นต้น โดยพบว่า ออกซาเลตสามารถสร้างพันธะที่แข็งแรงกับแคลเซียมได้เป็นอย่างดี จากกระบวนการนี้ทำให้การดูดซึมแคลเซียมของร่างกายลดลง และส่งผลให้เกิดการสะสมของแคลเซียมออกซาเลตซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดก้อนนิ่วในไต (renal stone) โดยเฉพาะนิ่วแคลเซียมออกซาเลต (calcium oxalate stones) นอกจากนั้นยังทำให้เกิดการระคายเคืองต่อลำไส้หากมีการบริโภคในปริมาณสูง (Safavi and Banazadeh, 2007) โดยพบว่า ประชากรในเขตภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย เป็นโรคนิ่วที่เกิดจากผลึกแคลเซียมออกซาเลต คิดเป็น 75-80% (พัชรินทร์, 2554) ซึ่งช่วงอายุที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดนิ่วสูงสุด คือ 40-60 ปี (Massey and Sutton, 2004) สาเหตุเนื่องจากการรับประทานอาหารที่มีกรดออกซาลิก เช่น ผัก โดยเฉพาะส่วนใบ ยอด และต้นอ่อน หรือผลไม้ที่มีรสฝาดเปรี้ยว โดยกรดออกซาลิกจะรวมกับแร่ธาตุ เช่น แคลเซียมและโปแทสเซียม กลายเป็นผลึกออกซาเลต ได้แก่ แคลเซียมออกซาเลต และโปแทสเซียมออกซาเลต และจะเกิดผลึกได้ง่ายหากร่างกายได้รับแคลเซียมและกรด ออกซาลิกจากอาหารมากเกินไป (นันทยา, 2549) ดังนั้นงานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาปริมาณกรด ออกซาลิกในเม่าหลวงสายพันธุ์ต่างๆ ด้วยเครื่อง HPLC เมื่อเสร็จสิ้นงานวิจัยหากพบกรดออกซาลิกในปริมาณที่สูงกว่าคำแนะนำในการบริโภคของกองโภชนาการ (กรมอนามัย, กระทรวงสาธารณะสุข) โดยนันทยา (2549) กล่าวว่าไม่ควรบริโภคกรดออกซาลิกเกินวันละ 378 มก./น้ำหนักตัว 1 กก. หรือไม่เกินวันละ 22 ก./น้ำหนักตัว 60 กก. ซึ่งจะสามารถใช้เป็นข้อมูลเพื่อเป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและลดปริมาณกรดออกซาลิกลง หรือหากพบในปริมาณที่ต่ำกว่าจะส่งผลดีต่อการยอมรับผลิตภัณฑ์จากเม่าของผู้บริโภคมากขึ้น

วิธีการศึกษา

วัตถุดิบที่ใช้ในการศึกษา คือ เม่าหลวง 14 สายพันธุ์ จากสวนวรรณวงศ์ อำเภอภูพาน จังหวัดสกลนคร ได้แก่ ชมพูพาน วรสาร ภูโซง สร้างค้อ 1 สร้างค้อ 2 สร้างค้อ 3 ภูพานทอง คำไหล ลมพัด ฟ้าประทาน แสนโฮม กาฬสินธุ์1 สอวรรณสังข์ และเพชรหนองแซง ที่มีอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 120 วัน จากนั้นคัดแยกผลเม่าดำ แดงและชมพู ล้างทำความสะอาด ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ ทำแห้งแบบแช่เยือกแข็ง บดละเอียดด้วยเครื่องบด เก็บในถุงอะลูมิเนียมฟอยด์ที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส

ศึกษาวิธีการสกัดกรดออกซาลิก

เตรียมตัวอย่างสารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้นต่างๆ กรองผ่าน nylon syringe membrane ขนาด 0.20 ไมโครเมตร ปริมาตร 1.5 มล. บรรจุในขวด Vial วิเคราะห์โดยใช้คอลัมน์ Intersil ODS-3V (250 x 4.6 มม.) อุณหภูมิคอลัมน์ 40 องศาเซลเซียส ตัวตรวจวัดแบบ UV Visible ความยาวคลื่น 210 นาโนเมตร ใช้แอมโมเนียมไดไฮโดรเจนฟอสเฟส ($(NH_4)H_2SO_4$) ความเข้มข้น 0.1M เป็นเฟสเคลื่อนที่ ปรับ pH ของสารละลายเป็น 2.5 ด้วยกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) อัตราการไหล 0.4 มล./นาที และปริมาณที่ใช้ฉีด 1 ไมโครลิตร จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการสกัดกรดออกซาลิกจากเม่า ดัดแปลงจาก Zhanguo and Jiuru (2002) โดยศึกษาชนิดของตัวทำละลาย 3 ชนิด (น้ำกลั่น กรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.2 M และ

ส่วนผสมระหว่างน้ำกลั่นและกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 0.2M อัตราส่วน 1:1) และอัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายและตัวอย่างเม่าที่ใช้ในการสกัด 3 ระดับ (1:1 2:1 และ 3:1) จัดสิ่งทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in CRD โดยมีวิธีการสกัด คือ ชั่งตัวอย่างหรือสารละลายมาตรฐานลงในหลอด centrifuge เติมสารสกัดตามสภาวะที่กำหนด ผสมให้เข้ากันด้วยเครื่อง vortex mixer ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที เขย่าด้วยความเร็วปานกลาง นำเข้าเครื่อง centrifuge ที่ความเร็ว 3,500 rpm นาน 15 นาที กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 4 เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 4±2 องศาเซลเซียส ในขวดทึบแสงเพื่อรอการวิเคราะห์ สร้างกราฟมาตรฐานโดยใช้สารละลายมาตรฐานกรดออกซาลิกความเข้มข้น 100, 200, 300, 400, 500 และ 800 ppm วิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกด้วยเครื่อง HPLC สร้างกราฟมาตรฐานจากพื้นที่ใต้กราฟที่ได้

ศึกษาผลของสายพันธุ์เม่าหลวงต่อปริมาณกรดออกซาลิก

วิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในเม่าหลวงจำนวน 14 สายพันธุ์ เพื่อเลือกสายพันธุ์ที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด วางแผนการทดลองแบบ CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลองที่ได้ด้วย Analysis of variance (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศึกษาผลของระยะการสุก และส่วนต่าง ๆ ของผลเม่าต่อปริมาณกรดออกซาลิก

วิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกจากเม่าสายพันธุ์ที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุดที่ได้จากการศึกษาขั้นต้น ที่มีระยะการสุกต่างกัน 3 ระยะ (ชมพู แดง และดำ) และส่วนต่างๆ ของผลเม่า 3 ส่วน (น้ำ เมล็ด และกาก) วางแผนการทดลองแบบ 3 x 3 Factorial in CRD ทำการทดลอง 3 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนของผลการทดลองที่ได้ด้วย ANOVA และเปรียบเทียบความแตกต่างของข้อมูลโดยใช้วิธี DMRT ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ศึกษาผลของความร้อนต่อปริมาณกรดออกซาลิกในน้ำเม่า

นำน้ำเม่าสายพันธุ์ที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุดที่ได้จากการศึกษาขั้นต้น มาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที วิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกด้วยเครื่อง HPLC ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบความแตกต่างของปริมาณกรดออกซาลิกก่อนและหลังการให้ความร้อนโดยใช้วิธี T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการศึกษาและวิจารณ์

การวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกจากเม่าหลวง

จากการวิเคราะห์สารละลายมาตรฐานกรดออกซาลิกด้วยเทคนิค HPLC ทำให้ทราบระยะเวลาที่เฟสเคลื่อนที่ชะล้างสารตัวอย่างผ่านเฟสคงที่ลักษณะโครมาโตแกรมของสารละลายมาตรฐานกรดออกซาลิก สมการกำกับเส้นตรง และค่า Coefficient of determination (R^2) ได้ผลดังแสดงใน Figure 1 โดยกรดออกซาลิกมีเวลาหน่วงเหนี่ยว (retention time) เท่ากับ 6.90 นาที และมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9999 สมการกำกับเส้นตรง คือ Y=2240x + 4090

ศึกษาร้อยละการกลับคืน (% recovery) ของสารหลังการสกัด โดยใช้สารละลายมาตรฐานที่ความเข้มข้น 100 ppm แทนตัวอย่างเม่า ได้ผลการทดลองดัง Table 1 โดยพบว่า การเพิ่มอัตราส่วนของตัวทำละลายมีผลทำให้ปริมาณกรดออกซาลิกที่วิเคราะห์ได้เพิ่มมากขึ้น และการสกัดด้วยกรดไฮโดรคลอริกมีประสิทธิภาพสูงกว่าการสกัดด้วยน้ำ โดยสิ่งทดลองที่เหมาะสมในการการสกัด คือ ใช้กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 0.2 M และใช้อัตราส่วนระหว่างตัวทำละลายและสารละลายมาตรฐานเท่ากับ 1:1 ให้ร้อยละการกลับคืน 98.01 ใกล้เคียง 100 มากที่สุด จึงเลือกวิธีการนี้เป็นวิธีการสกัดสำหรับการวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป

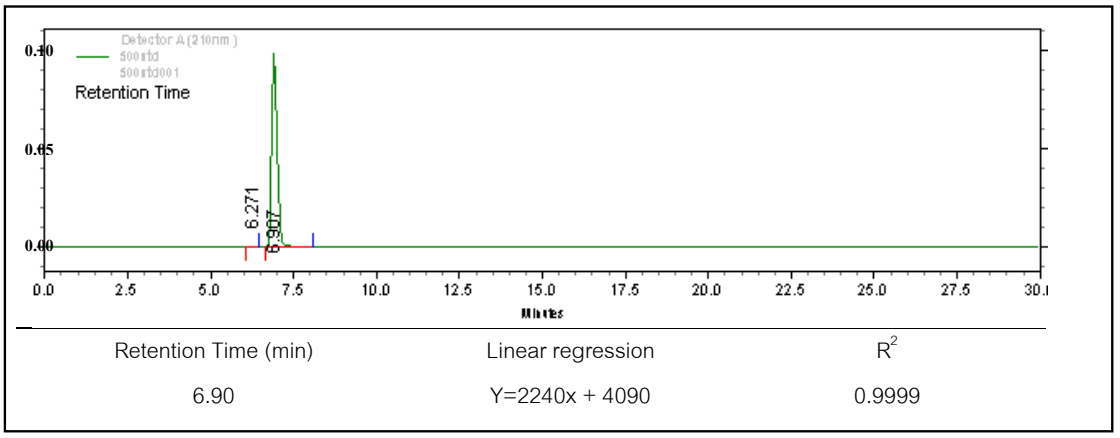


Figure 1 Chromatogram of 500 ppm oxalic acid standard solution and efficiency of HPLC method

Table 1 Retention time and recovery percentage of standard solution at different extraction conditions

Treatment	Solvent	Ratio of Solvent and Standard solution	Retention time	% Recovery
1	DI	1:1	6.89	64.68
2		2:1	6.89	85.58
3		3:1	6.90	76.27
4	0.2M HCl	1:1	6.90	98.01
5		2:1	6.90	105.48
6		3:1	6.89	115.43
7	DI + 0.2M HCl	1:1	6.89	95.43
8		2:1	6.89	105.78
9		3:1	6.89	114.11

ผลของสายพันธุ์เม่าหลวงต่อปริมาณกรดออกซาลิก

เม่าหลวงแต่ละสายพันธุ์มีปริมาณกรดออกซาลิกแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงใน **Table 2** โดยเม่าสายพันธุ์ภูพานทองที่มีรสชาติฝาด มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด คือ 67.73 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) รองลงมาคือ สายพันธุ์ลมพัด ที่มีปริมาณกรดออกซาลิก 63.83 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) ส่วนสายพันธุ์คำไหลมีปริมาณกรดออกซาลิกต่ำที่สุด คือ 20.09 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) เช่นเดียวกับสายพันธุ์กาฬสินธุ์ 1 สร้างค้อ 1, 2 และ 3 โดยมีปริมาณกรดออกซาลิก 23.41, 26.20, 26.18 และ 24.07 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) ตามลำดับ

จากการศึกษาของ Libert and Franceschi (1987), Massey et al. (2001) และ Savage et al. (2002) Charrier et al.(2002) พบว่า ผลไม้ในตระกูลเบอร์รี่สามารถแบ่งประเภทตามปริมาณกรดออกซาลิกได้ดังนี้ คือ ผลไม้ที่มีปริมาณกรดออกซาลิกปานกลาง (moderate oxalate) ซึ่งมีปริมาณกรดออกซาลิก 2-10 มก./100 ก. ได้แก่ สตรอเบอร์รี่ (13.33 มก./100 ก.) และผลไม้ที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูง (high oxalate) โดยมีปริมาณกรดออกซาลิก 10-50 มก./100 ก. ได้แก่ แบล็คเบอร์รี่ (50.00 มก./100 ก.) ราสเบอร์รี่ (48.39 มก./100 ก.) บลูเบอร์รี่ (41.10 มก./100 ก.) และองุ่น (37.50 มก./100 ก.) ดังนั้นเม่าจึงจัดเป็นผลไม้ในตระกูลเบอร์รีในประเภทที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูง โดยมีปริมาณกรดออกซาลิก 20.09 - 67.73 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง)

Table 2 Oxalic acid content in 14 varieties of Mao

Varieties	Oxalic Content (mg/100 g (dry weight))
Chomphuphan	48.57 ± 2.63[c]
Kamlai	20.09 ± 1.00[e]
Kalasin 1	23.41 ± 1.22[de]
Lampad	63.83 ± 3.95[b]
Faprathan	30.12 ± 1.19[d]
Phetnongsang	27.47 ± 1.65[d]
Phusong	48.55 ± 6.59[c]
Phuphanthong	67.73 ± 2.80[a]
Sanhome	29.62 ± 0.69[d]
Sang krow 1	26.20 ± 0.57[de]
Sang krow 2	26.18 ± 1.12[de]
Sang krow 3	24.07 ± 3.52[de]
Sorworasang	29.61 ± 1.66[d]
Worasan	30.21 ± 1.85[d]

Values are expressed as mean ± SD (n=3) within the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

ผลของระยะการสุก และส่วนต่าง ๆ ของผลเม่าต่อปริมาณกรดออกซาลิก

คัดเลือกเม่าสายพันธุ์ภูพานทองซึ่งเป็นเม่าที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด จากนั้นนำมาทำการวิเคราะห์ปริมาณกรดออกซาลิกในแต่ละส่วนประกอบของผล พบว่า มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$) ดังแสดงใน Table 3 โดยเมล็ดเม่ามีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด รองลงมาคือ ส่วนของกาก และน้ำ ตามลำดับ โดยพบว่า ผลเม่าสีดำมีปริมาณกรดออกซาลิกในเมล็ด กาก และน้ำ เท่ากับ 303.86, 77.78 และ 28.28 มก./100 ก. ตามลำดับ โดยส่วนของเม่าที่นิยมนำมาบริโภค คือ น้ำ ซึ่งมีปริมาณกรดออกซาลิกต่ำ ส่วนของกากและเมล็ดจะมีการนำมาใช้บริโภคน้อยมาก เช่น ในกระบวนการการผลิตไวน์ที่ต้องการให้ไวน์มีรสฝาดเล็กน้อย หรือการผลิตขนมอบที่นำกากเม่ามาทำเป็นไส้ขนม

นันทยา (2549) กล่าวว่า ไม่ควรบริโภคกรดออกซาลิกเกินวันละ 378 มก./น้ำหนักตัว 1 กก. หรือไม่เกินวันละ 22 ก./น้ำหนักตัว 60 กก. ซึ่งกรดออกซาลิกที่พบในเม่ามีปริมาณต่ำกว่ามาตรฐานความเสี่ยงจึงมีความปลอดภัยในการบริโภค โดยเฉพาะอย่างยิ่งในส่วนของน้ำเม่าดำที่เป็นส่วนที่นิยมบริโภคมากที่สุดพบว่ามีปริมาณกรดออกซาลิกค่อนข้างต่ำ

Noonan and Savage, 1999 กล่าวว่า ผลึกแคลเซียมออกซาเลตในอาหารสามารถเกิดได้ดีเมื่ออัตราส่วนระหว่างจำนวนโมลของออกซาลิกและแคลเซียมสูงถึง 9:4 ซึ่งจากการศึกษาครั้งนี้ พบว่า เม่าสายพันธุ์ภูพานทองผล สีดำซึ่งเป็นระยะสุกที่นิยมนำมาบริโภค มีปริมาณกรดออกซาลิกในส่วนของกาก เมล็ด และน้ำ ดังนี้ 77.78, 303.86, 28.28 มก./100 ก. ตามลำดับ และในผลเม่ามีปริมาณแคลเซียมเฉลี่ย 13.30 มก./100 ก. (กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ, 2539) ดังนั้นอัตราส่วนระหว่างจำนวนโมลของออกซาลิกและแคลเซียมที่พบในกาก เมล็ด และน้ำ คิดเป็น 11.32:4, 41.55:4 และ 3.87:4 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่ากากและเมล็ดเม่าไม่เหมาะสำหรับการบริโภคสด เนื่องจากมีโอกาสเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตสูง แต่หากต้องการบริโภคควรนำไปผ่านกระบวนการให้ความร้อนเพื่อลดปริมาณออกซาลิกก่อน ส่วนในน้ำซึ่งเป็นส่วนที่นิยมนำมาบริโภคมากที่สุดพบว่า มีความปลอดภัยจาก

การเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตค่อนข้างสูง เนื่องจากอัตราส่วนระหว่างจำนวนโมลของออกซาลิกและแคลเซียมน้อยกว่าอัตราส่วนที่เสี่ยงต่อการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลต และในกระบวนการผลิตน้ำเม่าทุกชนิดต้องมีการให้ความร้อนในกระบวนการฆ่าเชื้อ ดังนั้นจึงสามารถลดปริมาณกรดออกซาลิกลงได้ ทำให้น้ำเม่ามีความปลอดภัยค่อนข้างสูงจากการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลต

Table 3 Oxalic acid content in 3 parts of Mao fruit (Phuphanthong variety) at 3 ripening stages

ripening stages	parts of Mao fruit	Oxalic Acid Content (mg/100 g)
Pink	Peel	138.51 ± 1.90^{c}
	Seed	306.47 ± 5.63^{b}
	Juice	30.87 ± 6.74^{e}
Red	Peel	149.23 ± 0.77^{c}
	Seed	335.47 ± 6.63^{a}
	Juice	38.86 ± 1.95^{e}
Black	Peel	77.78 ± 6.85^{d}
	Seed	303.86 ± 9.00^{b}
	Juice	28.28 ± 0.35^{e}

Values are expressed as mean ± SD (n=3) within the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาผลของปริมาณกรดออกซาลิกต่อระยะการสุก (ชมพู แดง และดำ) ในกาก เมล็ด และน้ำเม่า พบว่า เม่าที่มีระยะการสุกต่างกันมีปริมาณกรดออกซาลิกแตกต่างกัน โดยเมล็ดเม่าจากผลแดงมีปริมาณกรด ออกซาลิกสูงที่สุดคือ 335.47 มก./100 ก. รองลงมาคือ เมล็ดจากผลชมพูและผลดำที่มีปริมาณกรดออกซาลิก ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) เท่ากับ 306.47 และ 303.86 มก./100 ก. ตามลำดับ ส่วนของกากเม่า พบว่า ปริมาณกรดออกซาลิกของผลเม่าต่อระยะการสุกมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันกับปริมาณกรดออกซาลิกในเมล็ด โดยกากของเม่าจากผลแดงมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุดคือ 149.23 มก./100 ก. ซึ่งไม่แตกต่างกันอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($P>0.05$) กับปริมาณกรดออกซาลิกในผลเม่าชมพูที่มี 138.51 มก./100 ก. ส่วนในกากจากผลเม่าดำพบว่ามีปริมาณกรดออกซาลิกต่ำที่สุด คือ 77.78 มก./100 ก. และเมื่อพิจารณาในส่วนของน้ำ จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า น้ำที่คั้นได้จากผลเม่าที่ระยะสุกต่างๆ ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($P>0.05$) แต่ปริมาณกรดออกซาลิกในน้ำเม่ามีแนวโน้มในทิศทางเช่นเดียวกับในส่วนของเมล็ดและกาก นั่นคือปริมาณกรดออกซาลิกในน้ำเม่าจากผลเม่าแดงมีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด คือ 38.86 มก./100 ก. รองลงมาคือน้ำเม่าจากผลชมพูและดำที่มีปริมาณกรดออกซาลิกเท่ากับ 30.87 และ 28.28 มก./100 ก. ตามลำดับ ซึ่งการลดลงของกรดออกซาลิกระหว่าง กระบวนการสุกเกิดขึ้นเนื่องจากกรดอินทรีย์ส่วนใหญ่ ได้แก่ กรดออกซาลิก กรดซิตริกถูกใช้เป็นสารตั้งต้น ในกระบวนการหายใจและการสร้างน้ำตาล (Medticott and Thompson, 1985) ซึ่งกรดออกซาลิกจะถูกเมตาบอไลซ์ทำให้มีปริมาณลดลงโดยการเกิดปฏิกิริยา Decarboxylation เนื่องจากเอนไซม์ของออกซาเลตมีผลทำให้ความฝาดของผลไม้ลดลงเมื่อสุก (Kotecha and Desai, 1995) แต่จากผลการศึกษาพบว่า ผลเม่าแดงมีปริมาณกรดออกซาลิกมากกว่าผลชมพูอาจเนื่องมาจากกระบวนการสังเคราะห์กรดออกซาลิกของผลชมพูยังไม่สมบูรณ์

ผลของความร้อนต่อปริมาณกรดออกซาลิกในน้ำเม่า

ผลของการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที ของน้ำเม่าสายพันธุ์ภูพานทองที่มีระยะสุก 3 ระยะ คือ ผลชมพู แดง และดำ พบว่าน้ำเม่าแต่ละระยะการสุกมีปริมาณกรดออกซาลิกลดลง โดยน้ำเม่าจากผลเม่าชมพู ดำ และแดง ลดลง 7.18%, 14.82% และ 23.33% ตามลำดับ ดังแสดงใน Table 4 การลดลงของปริมาณกรดออกซาลิกอาจเกิดขึ้นจากเกลือออกซาเลตสลายตัวเมื่อให้ความร้อนในระดับที่สูงเพียงพอ (บุญมี, 2547) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของจันทร์เฉิดฉาย (2549) ที่พบว่า เมื่อนำน้ำผลอุ่นป่ามาให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที ทำให้ปริมาณออกซาเลตลดลง 46-50% ส่วนการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 และ 121 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที มีผลทำให้ออกซาเลตลดลง 77-78% และจากการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม พบว่า การ แปรรูปด้วยความร้อนโดยวิธีต่างๆ มีผลทำให้ปริมาณกรดออกซาลิกลดลง โดย Kriengkrai et al. (2006) ศึกษาการให้ความร้อนด้วยการต้ม พบว่า ในผักส่วนใหญ่ปริมาณกรดออกซาลิกจะลดลง 18-76% โดยคะน้าใบหยิกมีปริมาณกรดออกซาลิกลดลงสูงสุดคิดเป็น 76% และ Wanasundera and Ravindran (1992) ศึกษาการให้ความร้อนโดยการนึ่งพืชหัว 2 ชนิด ได้แก่ *Dioscorea alata* และ *D. esculenta* ด้วยไอน้ำ พบว่า มีผลทำให้ปริมาณกรดออกซาลิกลดลง 20-25% แต่เมื่อผ่านการเคี่ยวและกวนเป็นเวลานานในกระบวนการผลิตแยมทำให้มีปริมาณกรดออกซาลิก ลดลงถึง 40-50% นอกจากนี้ยังพบว่า การถูกชะล้างด้วยน้ำที่ใช้นึ่งต้ม หรือลวก มีผลทำให้ปริมาณออกซาลิกเจือจางลง โดยปริมาณออกซาลิกในผักบุ้งและหน่อไม้ต้มลดลง 30% และ 83% ตามลำดับ (Savage et al., 2000)

Table 4 Oxalic acid content in 3 repining stages of Mao Juice (Phuphanthong variety) before and after heated

Mao Juice	Oxalic acid before heated (mg/100 g)	Oxalic acid after heated (mg/100 g)	% Loss of Oxalic acid
Pink	30.87 ± 6.74[a]	28.65 ± 0.65[b]	7.18
Red	38.86 ± 1.95[a]	29.79 ± 2.29[b]	23.33
Black	28.28 ± 0.35[a]	24.09 ± 0.53[b]	14.82

Values are expressed as mean ± SD (n=3) within the same column with different letters are significantly different ($P \leq 0.05$)

สรุป

ภูพานทองเป็นสายพันธุ์เม่าที่มีปริมาณกรดออกซาลิกสูงที่สุด คือ 67.73 มก./100 ก. (น้ำหนักแห้ง) และเมื่อศึกษาในส่วนของกาก เมล็ด และน้ำผลดำ พบว่ามีปริมาณกรดออกซาลิก 77.78, 303.86, 28.28 มก./100 ก. ตามลำดับ โดยในส่วนของน้ำเม่าจากผลสีดำซึ่งเป็นส่วนที่นิยมนำมาบริโภคที่สุดมีความปลอดภัยค่อนข้างสูง จากการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลตเนื่องจากอัตราส่วนระหว่างจำนวนโมลของกรดออกซาลิกและแคลเซียมน้อยกว่าอัตราส่วนที่เสี่ยงต่อการเกิดผลึกแคลเซียมออกซาเลต ซึ่งในน้ำเม่าสายพันธุ์ภูพานทองที่ได้จากผลชมพู แดง ดำ มีปริมาณกรดออกซาลิกลดลง 7.18%, 23.33% และ 14.82% ตามลำดับ เมื่อได้รับความร้อนที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส นาน 15 นาที โดยกระบวนการให้ความร้อนนอกจากจะเป็นการฆ่าเชื้อเพื่อยืดอายุการเก็บรักษาแล้วยังสามารถลดปริมาณกรดออกซาลิกลงทำให้อาหารมีความปลอดภัยในการบริโภคมากขึ้น

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน ที่ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยจากโครงการวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ ประจำปีงบประมาณ 2554 ขอขอบคุณ อาจารย์คณพ วรรณวงศ์ ประธานชมรมหมากเม่าสกลนคร ที่ให้ความช่วยเหลือการจัดเก็บตัวอย่างสายพันธุ์เม่าหลวง และขอขอบคุณ อาจารย์ดร.สุดารัตน์ สกุลคู และอาจารย์ดร.สุจิตรา เจาะจง ที่ให้คำแนะนำตลอดงานวิจัยครั้งนี้จนแล้วเสร็จ

เอกสารอ้างอิง

กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ. 2539. ผลการวิเคราะห์ผลเม่าสด. อ้างโดย อร่าม คุ้มกลาง และวินัย แสงแก้ว. 2543. งานประดิษฐ์คิดค้นผลิตภัณฑ์จากพืชตระกูลเม่า. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

จันทร์เฉิดฉาย สังเกตุกิจ. 2549. การศึกษาออกซาเลท (Oxalate) ในผลและไวน์องุ่นปา. แหล่งข้อมูล: http://goo.gl/1h6WHV. ค้นเมื่อ 3 กรกฎาคม 2555.

นันทยา จงใจเทศ. 2549. เกร็ดความรู้เรื่อง ออกซาเลต. กองโภชนาการ กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข. แหล่งข้อมูล: http://goo.gl/2ptr3L. ค้นเมื่อ 4 ตุลาคม 2554.

บุญมี นากรณ์. 2547. การหาปริมาณกรดออกซาลิกในผักพื้นบ้านโดยวิธีตกตะกอนแคลเซียมออกซาเลต. สถาบันราชภัฏอุบลราชธานี, อุบลราชธานี.

พัชรินทร์ ชนะพาห์. 2554. ปัจจัยเสี่ยงของโรคนิ่วในไต: ประเด็นของสารแคลเซียมและออกซาเลต สงขลานครินทร์เวชสาร. 29(6): 299-308

อร่าม คุ้มกลาง และวินัย แสงแก้ว. 2543. งานประดิษฐ์คิดค้นผลิตภัณฑ์จากพืชตระกูลเม่า. โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ.

Charrier, MJS, GP Savage, and L. Vanhanen. 2002. Oxalate content and calcium binding capacity of tea and herbal teas. Asia Pac J Clin Nutr. 11(4): 298-301.

Hönow, R., and H. Albrecht. 2002. Comparison of extraction methods for the determination of soluble and total oxalate in foods by HPLC-enzyme-reactor. Food Chem. 78: 511-521.

Kotecha, P.M., and B.B Desai. 1995. Handbook of Fruit Science and Technology: Production, Composition, Storage and Processing. Marcel Dekker, Inc., New York.

Kriengkrai V., Y. Nakjamanong, K. Judprasong, S. Charoenkiatkul, P. Sungpuag. 2006. Total and soluble oxalate contents in Thai vegetables, cereal grains and legume seeds and their changes after cooking. J. Food Compos Anal. 19: 340-347.

Libert, B., and V. Franceschi. 1987. Oxalate in crop plants. J. Agr. Food Chem. 35: 926-938.

Massey, LK, RG. Palmer, and H. Horner. 2001. Oxalate content of soybean seeds, soyfoods and other edible legumes. J. Agr. Food Chem. 49(9): 4262-4266.

Massey LK, and RA. Sutton 2004. Acute caffeine effects on urine consumption and calcium kidney stone risk in calcium stone formers. J. Urol. 172: 555-558.

Medticott, A.P., and A.K Thompson. 1985. Analysis of sugars and organic acid in ripening mango fruit (*Mangifera indica* L. var. Keitt) by high performance liquid chromatography. JSFA. 36: 561-566.

Noonan, S.C., and G.P. Savage. 1999. Oxalic acid content of foods and its effect on humans. Asia Pac J Clin Nutr. 8(1): 64-74.

Savage, GP, V. Nilzen, K. Osterberg, and L. Vanhanen. 2002. Soluble and insoluble oxalate content of mushrooms. IJNFS. 53(4): 293-6.

Savage, G.P., L. Vanhanen, S.M. Mason, and A.B. Ross. 2000. Effect of cooking on the soluble and insoluble oxalic acid content of some New Zealand foods. J. Food Compos Anal. 13: 201-206.

Wanasundera, J.P.D., and G. Ravindran. 1992. Effects of cooking on the nutrient and antinutrient contents of yam tubers (*Dioscorea alata* and *Dioscorea esculenta*). Food Chem. 45: 247-250.

Zhanguo, C., and L. Jiuru. 2002. Simultaneous and determination of oxalic acid, tartaric acid, malic acid, vitamin C, citric acid and succinic acid in *Fructus mume* by reversed-phase high-phase high-performance liquid chromatography. JCS. 40(1): 35-39.