

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการพัฒนาของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ Physical and Chemical Changes During Maturation of Mulberry Fruit cv. Chiang Mai

สดศรี เนียมเปรม¹ กุศล เลี่ยมทรัพย์¹ และ จุติณัฐ ธนิกิจวานิชกุล¹
Sodsri Neamprem¹, Kusol Iamsub¹ and Jutinat Tanakitvanichkul¹

Abstract

The physical and chemical changes of mulberry fruit cv. Chiang Mai at various maturity stages were investigated. Fruits were collected at six maturity stages which were varied in colors from green to black. Analysis of peel color and chemical compounds such as total soluble solids, pH value, total titratable acidity (citric acid), vitamin C content, phenolic content, flavonoids content (quercetin), anthocyanins and antioxidant activity. The results showed that during maturation total titratable acidity (citric acid) and vitamin C content decreased about 8.3 and 12.4 times while total soluble solid, pH values, phenolic content, flavonoids content (quercetin), anthocyanins and antioxidant activity increased about 1.3, 1.3, 2.9, 1.4, 3.5 and 3.8 times, respectively. Mulberries have nonclimacteric properties. The harvest of this fruit should be carried out when they were at full maturity (black) in order to attain the best quality which can be kept for 4 days at 25 °C. Early harvest, color of fruit changed to black and longer shelf life but low quality compared to the full maturity.

Keywords: physical and chemical changes, maturity stage, mulberry fruit

บทคัดย่อ

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ที่ระยะความแก่ต่างๆ โดยเก็บผลหม่อน 6 ระยะความแก่ เริ่มตั้งแต่ระยะที่ผลหม่อนมีสีเขียวจนถึงระยะที่ผลหม่อนมีสีดำ ทำการวัดสีผิวและวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก วิตามินซี ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ในรูปของเคออสติน แอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ผลการศึกษาพบว่า เมื่อผลหม่อนมีอายุเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกและวิตามินซีลดลงประมาณ 8.3 และ 12.4 เท่า ตามลำดับ ส่วนปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ในรูปของเคออสติน แอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นประมาณ 1.3, 1.3, 2.9, 1.4, 3.5 และ 3.8 เท่า ตามลำดับ ผลหม่อนจัดเป็นผลไม้ที่บ่มไม่สุก ดังนั้นการเก็บเกี่ยวในระยะที่แก่จัดซึ่งเป็นระยะที่ผลมีสีดำจะทำให้ได้คุณภาพที่ดี โดยที่ระยะแก่จัดนี้สามารถเก็บรักษาได้ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 °C ในขณะที่การเก็บเกี่ยวก่อนเวลา ถึงแม้ว่าสีผิวของผลจะเปลี่ยนเป็นสีดำได้และมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้น แต่คุณภาพจะด้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการเก็บที่ระยะแก่จัด

คำสำคัญ: การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมี, อายุการแก่, ผลหม่อน

คำนำ

หม่อน (*Morus alba* Linn.) เป็นผลไม้ขนาดเล็กที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง Lazze *et al.* (2004) ได้รายงานว่ามีคุณค่าทางโภชนาการสูงไปด้วยสารสำคัญหลายชนิด เช่น สารประกอบฟีนอล แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอยด์ ซึ่งสารดังกล่าวมีคุณสมบัติในการป้องกันและรักษาโรคต่างๆ ได้แก่ โรคเกี่ยวกับระบบหัวใจและหลอดเลือด มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง ต้านจุลชีพ ต้านการอักเสบ ฯลฯ ซึ่งคุณสมบัติเหล่านี้มีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ

หม่อน จัดเป็นผลไม้ที่บ่มไม่สุก (nonclimacteric fruit) ภายหลังจากเก็บเกี่ยวจากต้นมาแล้ว องค์ประกอบทางเคมีโดยเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับรสชาติจะไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงมากนัก ดังนั้นจึงต้องเก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดี การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการพัฒนาของผลหม่อน โดยเริ่มตั้งแต่วัยที่ผลหม่อนมีสีเขียว จนถึง ระยะที่ผลหม่อนมีสีดำ ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการเก็บเกี่ยวได้อย่างถูกต้องตามจุดประสงค์ของการนำไปใช้ประโยชน์

¹ ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.) ปทุมธานี 12120

¹ Agricultural Technology Department, Thailand Institute of Scientific and Technological Research, Pathumthani 12120, Thailand

อุปกรณ์และวิธีการ

1 ศึกษาลักษณะทางสรีรวิทยาของผลหม่อน โดยการวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

ซึ่งนำหั่นผลหม่อน ใส่ลงในภาชนะปิดสนิท ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 °C ดูดอากาศภายในภาชนะ โดยใช้เข็มฉีดยา นำไปฉีดเข้าเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟ เพื่อวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีน

2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการแก่ของผลหม่อน

เก็บผลหม่อนที่มีอายุแตกต่างกัน เริ่มตั้งแต่ระยะที่ผลหม่อนมีสีเขียว จนถึง ระยะที่ผลหม่อนมีสีดำ โดยแยกระยะความแก่ตามสีผิว ดังนี้ ระยะที่ 1 ผลสีเขียวและเริ่มมีสีชมพูจางๆ ระยะที่ 2 ผลสีส้ม ระยะที่ 3 ผลสีแดงส้ม (สีแดงมากกว่าหรือเท่ากับสีส้ม) ระยะที่ 4 ผลสีแดงดำ (สีแดงมากกว่าหรือเท่ากับสีดำ) ระยะที่ 5 ผลสีดำแดง (สีดำมากกว่าหรือเท่ากับสีแดง) ระยะที่ 6 ผลสีดำ นำผลหม่อนแต่ละระยะความแก่มาคั้นน้ำ แล้วนำไปวัดค่าสี L^* a^* และ b^* โดยใช้เครื่อง spectrophotometer อีกครั้ง

การวัดองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก วิตามินซี ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ในรูปของควอซีติน แอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ โดยใช้วิธีการ ดังนี้

ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (total soluble solids; TSS) ค่าพีเอช ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก (titratable acidity, TA) วิตามินซี : นำน้ำคั้นของผลหม่อนไปวัดปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง refractometer วัดค่าพีเอช โดยใช้เครื่อง pH meter วัดปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก วิตามินซี โดยใช้เครื่องไทเทรตอัตโนมัติ

ปริมาณฟีนอลิก (AOAC, 1990) : ซึ่งตัวอย่างผลหม่อนสด 5.0 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer นาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรสารสกัดที่ได้ด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 50 มิลลิลิตร ดูดสารสกัดปริมาตร 200 ไมโครลิตร ใส่ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลาย Folin-ciocalteu reagent ปริมาตร 250 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ 6 นาที หลังจากนั้นเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 7.5 % ปริมาตร 200 ไมโครลิตร แล้วเติมน้ำกลั่น ปริมาตร 2,000 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากันแล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด นาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เปรียบเทียบกับกรดแกลลิกมาตรฐาน

ปริมาณฟลาโวนอยด์ในรูปของควอซีติน (Pourmorad *et al.* 2006) : ซึ่งตัวอย่างผลหม่อนสด 5.0 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer นาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรสารสกัดที่ได้ด้วยเอทานอลให้ครบ 50 มิลลิลิตร จากนั้นดูดสารสกัดปริมาตร 0.3 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น ความเข้มข้น 80% ปริมาตร 1.7 มิลลิลิตร aluminium chloride ($AlCl_3$) ความเข้มข้น 10 % ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร potassium acetate (KCH_3CO_2) ความเข้มข้น 1 โมล ปริมาตร 0.1 มิลลิลิตร และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 5 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้เปรียบเทียบกับสารละลายควอซีตินมาตรฐาน

ปริมาณแอนโทไซยานิน (Nakamae and Nakamura, 1983, ยุพาภรณ์, 2559) : ซึ่งตัวอย่างผลหม่อนสด 3.0 กรัม เติมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร บดให้ละเอียดด้วยเครื่อง homogenizer นาน 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้อง นาน 1 ชั่วโมง กรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ปรับปริมาตรสารสกัดที่ได้ด้วยน้ำกลั่นให้ครบ 50 มิลลิลิตร จากนั้นนำมาเจือจางให้ได้ความเข้มข้นที่เหมาะสม ดูดสารละลายที่เจือจางแล้วปริมาตร 0, 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 และ 0.5 มิลลิลิตร ใส่ในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่นให้ครบ 2 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น DPPH ความเข้มข้น 0.5 มิลลิโมล ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 516 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง spectrophotometer นำค่าการดูดกลืนแสง ที่ได้ไปคำนวณค่า % inhibition หลังจากนั้นนำค่า % inhibition ที่ได้ในทุกความเข้มข้นมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %

inhibition กับ ความเข้มข้นของตัวอย่าง เพื่อคำนวณหาความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง (mg FW/ml) ที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ให้ลดลงได้ 50 % รายงานผลเป็นค่า EC₅₀

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

จากการวัดอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนของผลหม่อนพันธุ์เชียงใหม่ พบว่า มีค่าอยู่ใน ระดับต่ำ และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย โดยมีอัตราการหายใจ อยู่ในช่วง 0.09-0.13 mg CO₂/kg-hr การผลิตเอทิลีนอยู่ในช่วง 0.002 - 0.013 μl C₂H₄/kg-hr (Figure 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานที่ว่า ผลไม้ประเภทบ่มไม่สุก (nonclimacteric fruit) โดยมากมีอัตราการหายใจและการผลิตเอทิลีนอยู่ในระดับต่ำ (จริงแท้, 2546; Kader, 1985)

การเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการพัฒนาของผลหม่อน โดยเริ่มตั้งแต่ระยะที่ผลมีสีเขียว (ระยะที่ 1)จนถึงระยะที่ผลมีสีดำ (ระยะที่ 6) พบว่า ค่าสี L* a* b* มีค่าลดลงจาก 32.63 , 15.60 และ 15.11 ตามลำดับ ในระยะที่ 1ซึ่งส่งผลทำให้ผลหม่อนมีสีเข้มขึ้น ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ค่าพีเอช เพิ่มขึ้นตามระยะความแก่ของผลอยู่ในช่วง 7.5 -9.8% , 2.81-3.59 หรือเพิ่มขึ้น 1.3, 1.3 เท่า ตามลำดับ ส่วนปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกและวิตามินซีลดลงอยู่ในช่วง 3.13, 3.14 และ 1.78 ตามลำดับ ในระยะที่ 6 ปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ในรูปของเคออสติน แอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูล พบว่า มีค่าเพิ่มขึ้นอยู่ในช่วง 19.80-58.24 mg GAE/100g FW, 132.90-192.25 mg/100g FW, 153-534 mgอิสระ /100g FW, 1.85-0.48 mg FW/ml หรือเพิ่มขึ้น 2.9,1.4,3.5 และ 3.8 เท่า ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของธิติพันธ์ (2549) ภัทรวรรณและอดิศักดิ์ (2555) และ Lin and Lay (2013) ที่ได้ทำการศึกษาคุณภาพและการเก็บรักษาผลหม่อน โดยพบว่า เมื่อผลหม่อนมีอายุเพิ่มมากขึ้น ค่าสี ปริมาณกรดทั้งหมดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริก วิตามินซี มีค่าลดลง ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (TSS) ค่าพีเอช ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ในรูปของเคออสติน แอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ มีค่าเพิ่มขึ้น

หม่อน จัดเป็นผลไม้ที่บ่มไม่สุก ดังนั้น การเก็บเกี่ยวในระยะที่แก่จัดซึ่งเป็นระยะที่ผลมีสีดำจะทำให้ได้คุณภาพที่ดี จากการศึกษา พบว่า ที่ระยะแก่จัดนี้สามารถเก็บรักษาได้ 4 วัน ที่อุณหภูมิ 25 °C ในขณะที่การเก็บเกี่ยวก่อนเวลา ถึงแม้ว่าสีผิวของผลจะเปลี่ยนเป็นสีดำได้ และมีอายุการเก็บรักษาที่นานขึ้นแต่คุณภาพจะด้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับ การเก็บที่ระยะแก่จัด

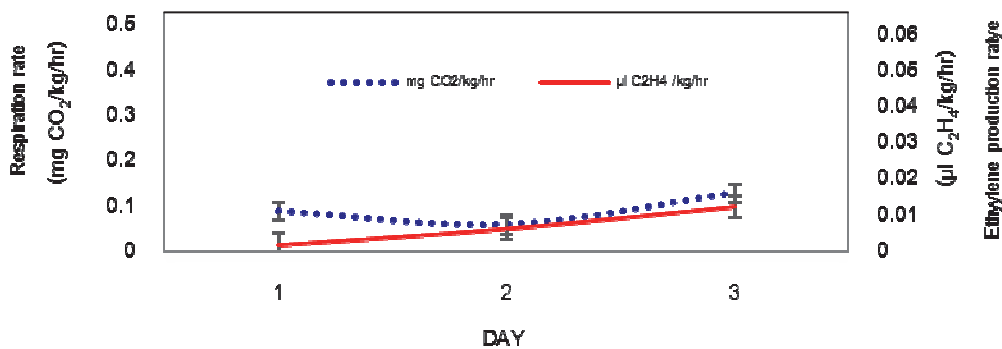


Figure 1 Respiration rate and ethylene production of *Morus alba* at 25°C

Table 1 Changes of L* a* b* values, TSS, pH, TA and vitamin C of mulberry fruit at various maturity stages

Maturity stages	L*	a*	b*	TSS (%)	pH	TA (%)	Vitamin C (mg/100 ml)
1	32.63 ^a	15.60 ^a	15.11 ^a	7.5 ^e	2.81 ^d	4.24 ^a	16.78 ^a
2	27.19 ^b	11.57 ^b	14.09 ^b	8.0 ^d	2.89 ^d	4.04 ^b	15.68 ^b
3	26.21 ^c	8.83 ^c	12.48 ^c	8.1 ^{cd}	2.89 ^c	3.84 ^c	14.62 ^c
4	11.16 ^d	7.16 ^d	4.25 ^d	8.2 ^c	2.84 ^c	3.54 ^d	10.85 ^d
5	4.65 ^e	6.85 ^e	2.71 ^e	8.6 ^b	3.22 ^b	2.73 ^e	8.77 ^e
6	3.13 ^f	3.14 ^f	1.78 ^f	9.8 ^a	3.59 ^a	0.51 ^f	1.35 ^f

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at P = 0.05

Table 2 Changes of phenolic compound, flavonoid, anthocyanins and antioxidant activity of mulberry fruit at various maturity stages

Maturity stages	Phenolic (mg GAE/100 g FW)	Flavonoid (quercetin) (mg/100 g FW)	Anthocyanins (mg/100 g FW)	Antioxidant activity EC ₅₀ (mg FW / ml)
1	19.80 ^f	132.90 ^e	153 ^f	1.85
2	20.58 ^e	138.20 ^d	191 ^e	1.84
3	23.15 ^d	141.85 ^c	229 ^d	1.71
4	32.64 ^c	145.52 ^c	284 ^c	1.20
5	37.96 ^b	175.92 ^b	513 ^b	1.12
6	58.24 ^a	192.25 ^a	534 ^a	0.48

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different at P = 0.05

สรุป

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพและเคมีระหว่างการแก่ของผลหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่ พบว่า เมื่อผลหม่อนมีอายุเพิ่มมากขึ้น ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้ในรูปของกรดซิตริกและวิตามินซีลดลง ส่วนปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ ค่าพีเอช ฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ในรูปของเคอร์ควิติน แอนโทไซยานิน และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระมีค่าเพิ่มขึ้น หม่อน จัดเป็นผลไม้ที่บ่มไม่สุก ดังนั้นจึงต้องเก็บเกี่ยวในระยะที่ 6 คือ ผลที่มีสีดำจึงจะได้ผลที่มีคุณภาพที่สุด

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ฝ่ายเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ จนการดำเนินงานครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- จิ่งแท้ ศิริพานิช. 2546. ศรีวิทยาและเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวของผักและผลไม้. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 396 น.
- ธิตินันท์ จันทร์พิมพ์. 2549. การเก็บรักษาหม่อนผลสดพันธุ์เชียงใหม่ (*Morus alba* var. Chiang Mai). วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ภัทรวรรณ เกตุเทียน และ อติศักดิ์ จูมวงษ์. 2555. ผลของเมทิลจัสโมเนตต่อคุณภาพหลังการเก็บเกี่ยวของผลหม่อนสายพันธุ์เชียงใหม่. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3 พิเศษ): 420-422.
- ยุพาภรณ์ จิโรภาสภาค. 2559. ผลของน้ำตาลซูโครสต่อการชักนำแคลลัส และปริมาณแอนโทไซยานินในกุหลาบหนู. วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์ 3(1): 7-11.
- AOAC. 1990. Determinations method of polyphenols In: Official Method of Analysis. 15th ed. 952.03 Association of Official Analytical Chemists, Washington D.C.
- Kader, A.A. 1985. Postharvest biology and technology: a overview. pp. 3-7. In: A.A. Kader (ed.). Postharvest technology of horticultural crops. The Regent of the University of California, California, U.S.A.
- Lazze, M.C., M. Savio, R. Pizzala, O. Cazzalini, P. Perucca and A.I. Scovassi. 2004. Anthocyanins induce cell cycle perturbations and apoptosis in different human cell lines. Carcinogenesis 25: 1427-1433.
- Lin, C.Y. and H.L. Lay. 2013. Characteristics of fruit growth, component analysis and antioxidant activity of mulberry (*Morus* spp.). Scientia Horticulturae 162: 285-292.
- Nakamae, H. and N. Nakamura. 1983. Effects of metabolic inhibitors on anthocyanin accumulation in petals of *Rosa hybrida* Hort. cv. Ehigasa. Plant and cell Physiol. 24(6): 995- 1002.
- Pourmorad, F., S.J. Hosseini-mehr and N. Shahabimajid. 2006. Antioxidant activity, phenol and flavonoid contents of some selected Iranian medicinal plants. African Journal of Biotechnology 5(11): 1142-1145.