

시설 및 노지 재배한 오디의 품질 특성

- 연구노트 -

이지영¹ · 황인국¹ · 김하윤¹ · 유선미¹ · 박종태²

¹농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부

²충남대학교 식품공학과

Quality Characteristics of Mulberry Cultivated under Greenhouse and Open Field Conditions

Ji Young Lee¹, In Guk Hwang¹, Ha Yun Kim¹, Seon Mi Yoo¹, and Jong Tae Park²

¹Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

²Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

ABSTRACT This study investigated the quality characteristics of mulberry cultivated under greenhouse and open field conditions. Quality characteristics such as the number of aerobic bacteria, pH, acidity, soluble solid content, and contents of free sugar, polyphenol, and anthocyanin were investigated. The number of aerobic bacteria in mulberry cultivated in open fields was higher than that of mulberry cultivated in the greenhouse. The average pH was significantly higher in greenhouse mulberry whereas acidity was higher in mulberry grown in open fields. The average soluble solid content of mulberry cultivated in open fields was slightly higher than that of mulberry cultivated in the greenhouse, although the difference was not significant. Fructose and glucose were detected in mulberry as free sugar. The free sugar content of mulberry was not affected by cultivation conditions. The average polyphenol contents of mulberry cultivated in the greenhouse and open fields were 393.36 and 514.47 mg%, respectively. The average anthocyanin contents of mulberry cultivated in the greenhouse and open fields were 205.00 and 265.56 mg%, respectively. The average polyphenol and anthocyanin contents of mulberry cultivated in open fields were significantly higher than those of mulberry cultivated in the greenhouse.

Key words: mulberry, free sugar, polyphenol, anthocyanin, quality characteristics

서 론

오디(mulberry)는 뽕나무과(Moraceae)에 속하는 낙엽 교목인 뽕나무(*Morus alba* L.)의 열매로서 온대에서 아열대에 이르기까지 널리 분포하고 있으며, 우리나라에서는 5월부터 6월에 걸쳐 과실의 색이 검은색 또는 자홍색을 나타낼 때 채취하여 주로 식용하거나 건조 후 한약재로 사용하고 있다(1,2). 오디에는 당, 유기산, 무기질(칼륨, 칼슘, 인 등), 비타민(A, B₁, B₂) 등을 비롯하여 안토시아닌 성분이 풍부하고(2-5) 항암, 항염증, 항산화, 항당뇨 및 항고혈압 등에 효과가 있는 것으로 보고되면서(2-5) 건강 기능성 식품 원료로 관심이 높아지고 있으며, 이에 따라 오디를 활용한 음료(6), 발효주(7,8), 젤리(9), 빵(10) 및 절편(11) 등 다양한 가공식품 개발 연구가 활발히 진행되고 있다.

오디의 여러 가지 유효성분 및 기능성이 확인되면서 국내

오디 생산용 뽕나무 면적 및 그 생산량은 2009년부터 2012년까지 각각 1,544~1,878 ha 및 5,613~6,752톤으로 지속적으로 증가하였다. 또한 2012년도 기준 오디의 주 생산 지역은 전북(약 4,057톤) 및 전남(약 1,019톤) 지역으로 총 생산량의 80% 이상 생산되고 있으며 그 다음으로 경북, 경기, 경남 등의 순으로 생산되고 있다(12).

과수의 시설 하우스 재배는 동해, 서리, 강풍, 장마 및 가뭄 등의 자연재해 및 병해충 예방으로 과실의 안정적인 생산과 보온 또는 가온에 의한 수체의 생육과 과실의 숙기를 촉진하는 등의 이점으로 농가 소득 증대 효과가 높다(13). 특히 오디의 경우 수확기가 장마 기간과 맞물려 생산성 및 품질 저하의 원인으로 작용하고 있다. 최근 시설 하우스 재배법이 농가에 보급 확대되고 있으며 시설 재배 농가와 생산량도 꾸준히 증가하는 추세이지만, 시설 재배한 오디의 품질 특성에 관한 연구는 부족한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 지속적으로 재배 면적과 생산량이 증가할 것으로 기대되는 시설 재배 오디의 품질 특성을 노지 재배한 오디와 비교 분석하여 오디 재배 농가, 식품업체 및 소비자 등에게 기초자료로 제공하고자 하였다.

Received 4 September 2014; Accepted 14 October 2014

Corresponding author: In Guk Hwang, Department of Agrofood Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Jeonbuk 565-851, Korea
E-mail: ighwang79@korea.kr, Phone: +82-63-238-3568

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용한 오디는 과상 2호 품종으로 2013년 6월에 전라북도 부안지역에서 시설 및 노지 재배한 것을 각각 세 곳의 농가에서 수확하여 시료로 사용하였다. 수확한 오디는 즉시 아이스 팩을 채운 보냉 상자에 넣어 밀봉 후 실험실로 이송하였다. Fructose, glucose, Folin-Ciocalteu reagent, gallic acid 등은 Sigma-Aldrich(St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 그 밖의 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

총균수 측정

시료 25 g을 멸균 팩에 넣고 멸균수 225 mL를 첨가하여 스토마커(BagMixer 400, Interscience, Saint-Nom-la-Bretèche, France)로 1분간 처리한 후 여과액 1 mL를 취하여 멸균수로 각 시료를 10배 희석법으로 희석하였다. 총균수의 측정은 희석액 1 mL를 건조필름배지(Petrifilm™, aerobic count, 3M, St. Paul, MN, USA)에 접종하여 37°C, 36시간 동안 배양한 다음 형성된 콜로니 수를 계수하여 log CFU/g으로 나타내었다(14).

pH, 총산도 및 당도 측정

오디의 pH, 총산도 및 당도는 Park 등(14)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉 오디 100 g을 2겹의 거즈를 이용하여 착즙, 여과한 후 그 여과액을 사용하여 pH, 총산도 및 당도를 측정하였다. pH는 pH meter(Orion 4 STAR, Thermo Scientific, Beverly, MA, USA)로 측정하였고, 총산도는 여과액 5 mL를 취하여 0.1 N NaOH로 pH 8.3까지 적정하여 소비된 NaOH 용액의 mL 수를 citric acid 함량(%)으로 환산하였으며, 당도는 디지털 당도계(ATAGO, Tokyo, Japan)로 측정하여 °Brix로 나타내었다.

유리당 함량 분석

유리당 함량은 동결 건조된 시료 0.50±0.05 g에 증류수 50 mL를 가하여 200 rpm, 3시간 진탕 추출한 후 Whatman No. 2 여과지(Whatman International Ltd., Maidstone, Kent, UK)로 감압 여과하여 50 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 µm membrane filter(Millipore Corporation, Billerica, MA, USA)로 여과하여 Agilent Technologies 1200 series HPLC system(Palo Alto, CA, USA)으로 분석하였다. HPLC 분석조건은 column으로 Shodex Asahipak NH2P-5-4E(5 µm, 4.6×250 mm, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 검출기는 ELSD를 사용하였으며, 이동상은 70% acetonitrile를 1.2 mL/min 속도로 흘려주었고 10 µL를 주입하여 분석하였다(15). 표준물질로는 fructose 및 glucose를 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

동결 건조된 시료 0.50±0.05 g에 70% ethanol 100 mL를 가하여 40°C에서 40분간 초음파 추출한 다음 Whatman No. 2 여과지(Whatman International Ltd.)로 감압 여과하여 100 mL로 정용한 후 총 폴리페놀 측정용 시료로 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis의 방법을 이용하여 측정하였다(16). 각 추출물 100 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였고 표준물질로 gallic acid를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg gallic acid로 나타내었다.

안토시아닌 함량 측정

오디의 안토시아닌 함량은 pH differential method에 따라 측정하였다. 동결 건조된 시료 0.50±0.05 g에 1% HCl-methanol 50 mL를 가하고 40분간 초음파 추출한 후 원심 분리(12,000 rpm, 15 min) 하여 얻어진 상층액을 시료로 사용하였다. 각 추출물 0.5 mL에 각각 0.025 M potassium chloride buffer(pH 1.0)와 0.4 M acetate buffer(pH 4.5) 4.5 mL를 혼합한 다음 510 nm 및 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 안토시아닌 함량은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수(ε=26,900 M⁻¹cm⁻¹)를 이용하여 다음 식에 따라 산출하였다(14).

$$\text{Anthocyanin content (mg/L)} = \frac{A \times MW \times DF \times 1000}{\epsilon \times V}$$

$$A \text{ (absorbance value)} = (A_{510} - A_{700}) \text{pH } 1.0 - (A_{510} - A_{700}) \text{pH } 4.5$$

$$MW \text{ (molecular weight of cyanidin-3-glucoside)} = 449.2$$

$$DF = \text{dilution factor}$$

$$\epsilon \text{ (cyanidin-3-glucoside molar absorbance)} = 26,900 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$$

$$V = \text{volume of extract}$$

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리군 간의 차이 유무를 one-way ANOVA(analysis of variation)로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 P<0.05 수준에서 유의성을 검정하였다. 또한 재배방법별 차이를 알아보기 위하여 t-test를 실시하였다.

결과 및 고찰

총균수, pH, 총산도 및 당도

시설과 노지 재배한 오디의 총균수를 측정한 결과는 Table 1과 같이 시설 및 노지 재배한 오디의 총균수는 각각

Table 1. Aerobic bacteria of mulberries cultivated under greenhouse and open field conditions

Samples		Aerobic bacteria (log CFU/g)
Greenhouse	A	6.49±0.35 ^{c1)2)}
	B	5.27±0.55 ^d
	C	6.70±0.47 ^c
Mean±SD		6.15±0.63 [*]
Open field	D	7.98±0.26 ^a
	E	7.28±0.57 ^b
	F	7.55±0.39 ^{ab}
Mean±SD		7.60±0.35

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Values with different letters among samples indicate significant difference ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{*} $P<0.05$ indicate significant differences between greenhouse and open field by t-test.

5.27~6.70 및 7.28~7.98 log CFU/g 수준으로 시설 재배 시 총균수가 유의적으로($P<0.05$) 적었다. 이는 시설 재배 시 비, 바람, 먼지 등 외부 오염원에 대한 노출이 적어 나타난 결과로 생각된다.

과일류의 pH, 총산도 및 당도 등은 생과용이나 가공용으로 활용 시 중요한 품질 평가 요소이다. 이전 연구 결과를 살펴보면 오디의 pH, 총산도 및 당도는 각각 4.08~5.10, 0.26~0.73% 및 5.83~15.34% 수준이고, 품종, 재배법, 재배환경, 수확시기 등에 따라 차이를 보이는 것으로 보고되어 있다(2,17). 시설과 노지 재배한 오디의 pH, 총산도 및 당도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 오디의 pH 및 총산도는 각각 4.28~5.31 및 0.30~0.62% 범위로 재배 농가에 따라 유의적인($P<0.05$) 차이를 보였다. 시설 및 노지 재배한 오디의 평균 pH 및 총산도를 비교해 보면 시설 재배한 오디가 pH는 유의적으로($P<0.001$) 낮고 총산도는 높은 것으로 나타났다. 오디의 당도도 10.35~13.35% 범위로 재배 농가에 따른 유의적인($P<0.05$) 차이를 보였으며, 재배방법별 평균 당도는 노지 재배가 다소 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. Kim 등(13)의 노지와 하우스 재배에 따른 블루베리의 과실 특성을 분석한 연구에서는 산 함량은 발육기간 중에는 하우스 재배 시 노지 재배에 비해

Table 3. Free sugar contents of mulberries cultivated under greenhouse and open field conditions

Samples		Fructose (%)	Glucose (%)	Total (%)
Greenhouse	A	5.82±0.14 ^{b1)2)}	5.56±0.14 ^a	11.38±0.27 ^b
	B	4.30±0.02 ^e	4.08±0.02 ^d	8.38±0.04 ^e
	C	6.01±0.07 ^a	5.70±0.06 ^a	11.72±0.07 ^a
Mean±SD		5.38±0.82	5.12±0.78	10.49±1.60
Open field	D	5.04±0.17 ^d	4.64±0.07 ^c	9.67±0.24 ^d
	E	5.65±0.02 ^{bc}	5.31±0.08 ^b	10.95±0.08 ^c
	F	5.58±0.10 ^c	5.33±0.07 ^b	10.90±0.17 ^c
Mean±SD		5.42±0.30	5.09±0.35	10.51±0.65

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Values with different letters among samples indicate significant difference ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

높은 것으로 나타나 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 또한 당도의 경우에는 하우스 재배 시 노지 재배에 비해 유의적으로 낮은 것으로 보고하여 본 연구 결과와 차이를 보였으며, 이는 시설 재배 시 노지 재배에 비해 낮은 광량으로 인한 광합성의 차이에서 비롯한 결과인 것으로 보고하였다.

유리당 함량

시설과 노지 재배한 오디의 유리당 함량을 분석한 결과 Table 3과 같이 fructose 및 glucose 함량이 각각 4.30~6.01 및 4.08~5.70% 범위로 재배 농가에 따라 유의적인($P<0.05$) 차이를 보였다. 오디의 주요 당으로는 fructose와 glucose만이 검출되어 Lee와 Choi(17) 및 Kim 등(18)의 연구 결과와 일치하였으며 각각의 당 함량은 1.86~7.34 및 2.15~7.33% 범위 수준으로 계통 간 함량 차이가 큰 것으로 보고하였다. 반면에 Yang과 Rho(6)의 연구에서는 fructose, glucose 이외에 소량의 sucrose 검출된 것으로 보고하여 본 연구 결과와 차이를 보였다. 대체로 광량이 낮을 경우 광합성 작용이 원활하지 않아 당의 축적이 적은 것으로 알려져 있고(19), Kim 등(20)의 연구에서 뽕나무를 시설 재배 시 노지 재배에 비해 광량은 피복재의 투광율로 인해 적은 것으로 보고되어 있어 당의 축적이 적을 것으로 예측하였으나 본 연구에서 시설 및 노지 재배한 오디의 평균 유리당

Table 2. pH, total acidity, and soluble solids of mulberries cultivated under greenhouse and open field conditions

Samples		pH	Total acidity (% as citric acid)	Soluble solids (°Brix)
Greenhouse	A	4.28±0.13 ^{c1)2)}	0.58±0.05 ^a	11.50±0.75 ^b
	B	4.33±0.04 ^c	0.62±0.03 ^a	10.35±0.29 ^c
	C	4.72±0.01 ^b	0.30±0.01 ^c	12.93±0.05 ^a
Mean±SD		4.44±0.22 ^{***}	0.50±0.15 ^{***}	11.59±1.21
Open field	D	5.31±0.016 ^a	0.25±0.01 ^d	12.93±0.78 ^a
	E	5.27±0.04 ^a	0.30±0.04 ^c	13.35±0.29 ^a
	F	4.83±0.04 ^b	0.36±0.01 ^b	11.08±0.32 ^{bc}
Mean±SD		5.13±0.25	0.30±0.05	12.45±1.13

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Values with different letters among samples indicate significant difference ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{***} $P<0.001$ indicate significant differences between greenhouse and open field by t-test.

Table 4. Total polyphenol and anthocyanin contents of mulberries cultivated under greenhouse and open field conditions

Samples	Total polyphenol (mg%)	Total anthocyanin (mg%)
Greenhouse	A 426.08±11.97 ^{c1)2)}	236.08±8.28 ^c
	B 334.60±11.15 ^d	184.49±1.86 ^d
	C 419.40±13.52 ^c	194.43±13.17 ^d
Mean±SD	393.36±45.42 ^{***}	205.00±24.97 ^{***}
Open field	D 483.09±4.41 ^b	266.44±14.09 ^b
	E 577.89±16.43 ^a	282.26±4.77 ^a
	F 482.42±6.51 ^b	247.97±0.25 ^c
Mean±SD	514.47±48.43	265.56±16.62

¹⁾Values are mean±SD (n=3).

²⁾Values with different letters among samples indicate significant difference ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

^{***} $P<0.001$ indicate significant differences between greenhouse and open field by t-test.

함량은 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다.

총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량

폴리페놀 화합물은 식물계에 널리 분포되어 있는 대표적인 기능성 물질로 다양한 구조를 가지고 있고 항암, 항염증, 항산화, 항고혈압 등 다양한 생리활성을 갖고 있으며, 특히 오디에는 안토시아닌 화합물이 다량 존재하는 것으로 알려져 있다(2). 오디의 총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량은 뽕나무 품종, 재배환경 등에 따라 차이를 보이고, 각각 144.5~543.7 및 57.45~206.60 mg% 범위 수준인 것으로 보고되어 있다(2,21).

시설과 노지 재배한 오디의 총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량을 측정한 결과는 Table 4와 같이 각각 334.60~577.89 및 184.49~282.26 mg% 범위로 재배 농가에 따라 유의적인($P<0.05$) 차이를 보였다. 또한 노지 재배한 오디의 총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량이 시설 재배한 오디에 비해 유의적으로($P<0.001$) 높은 것으로 나타났다. 이는 노지 재배 시 강한 자외선과 높은 광환경 조건으로 인해 폴리페놀 화합물의 축적이 많아 나타난 결과로 생각된다. Kim 등(13)의 연구에서는 노지와 비가림 하우스 재배한 블루베리의 총 폴리페놀 함량은 광포화점이 높았던 노지 재배한 블루베리가 높아 본 연구 결과와 유사하였지만 안토시아닌 함량의 경우에는 재배방법에 따라 일정한 경향을 보이지 않는 것으로 나타났다.

이상의 결과를 종합해보면 오디의 항산화 성분인 총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량은 시설 재배 시 노지 재배에 비해 낮았지만 pH, 총산도, 당도와 유리당 함량 등 품질 특성은 재배 방법에 따른 큰 차이가 없었고 총균수는 시설 재배 오디에서 적게 검출된 것으로 조사되었다. 따라서 장마철과 수확시기가 겹치는 오디의 경우 장마에 따른 과실의 품질 저하를 줄이고 주변 환경으로부터의 오염원 차단 효과를 기대할 수 있는 시설 재배가 바람직할 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 시설 및 노지 재배한 오디의 총균수, pH, 총산도, 당도, 유리당, 총 폴리페놀 및 안토시아닌 함량을 비교 분석하였다. 총균수는 시설 재배한 오디가 노지 재배한 오디에 비해 유의적으로($P<0.05$) 적게 검출되었다. 시설 재배한 오디의 평균 pH 및 총산도는 각각 4.44 및 0.50%였고, 노지 재배 시 각각 5.13 및 0.30%로 시설 재배한 오디가 pH는 유의적으로($P<0.001$) 낮고 총산도는 높은 것으로 나타났다. 당도의 경우 노지 재배 시 시설 재배에 비해 다소 높은 경향을 보였지만 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다. 오디의 주요 유리당으로는 fructose와 glucose가 검출되었고, 시설 재배한 오디의 평균 fructose 및 glucose 함량은 각각 5.38 및 5.12%였고, 노지 재배 시 각각 5.42 및 5.09%로 재배방법에 따른 유의적인 차이는 없었다. 시설과 노지 재배한 오디의 평균 총 폴리페놀 함량은 각각 393.36 및 514.47 mg%, 안토시아닌 함량은 각각 205.00 및 265.56 mg%로 노지 재배 시 시설 재배에 비해 유의적으로($P<0.001$) 높았다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ009426) 및 2014년도 농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- Teng H, Lee SH, Lee WY. 2013. Sterilization effects on mulberries (*Morus alba* L.) washed with electrolyzed water and chlorine dioxide. *J East Asian Soc Dietary Life* 23: 654-661.
- Kim EO, Lee YJ, Leem HH, Seo IH, Yu MH, Kang DH, Choi SW. 2010. Comparison of nutritional and functional constituents, and physicochemical characteristics of mulberries from seven different *Morus alba* L. cultivars. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 1467-1475.
- Ju MJ, Kwon JH, Kim HK. 2009. Physiological activities of mulberry leaf and fruit extracts with different extraction conditions. *Korean J Food Preserv* 16: 442-448.
- Lee EJ, Bae JH. 2011. Study on the alleviation of an alcohol induced hangover and the antioxidant activity by mulberry fruit. *Korean J Food & Nutr* 24: 204-209.
- Chae JW, Park HJ, Kang SA, Cha WS, Ahn DH, Cho YJ. 2012. Inhibitory effects of various mulberry fruits (*Morus alba* L.) on related enzymes to adult disease. *J Life Sci* 22: 920-927.
- Yang HS, Rho JO. 2012. Physicochemical characteristics and sensory evaluation of mulberry fruit beverages for rural food process. *J East Asian Soc Dietary Life* 22: 246-254.
- Kim HR, Kwon YH, Kim HB, Ahn BH. 2006. Characteristics of mulberry fruit and wine with varieties. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 49: 209-214.
- Kim MW, Kim AJ. 2007. The quality characteristics of mulberry fruit wine by two different manufacturing methods.

- Korean J Food & Nutr* 20: 276-281.
9. Moon HK, Lee SW, Moon JN, Yoon SJ, Lee S, Kim GY. 2012. Quality characteristics of jelly added with mulberry juice. *Korean J Food Cookery Sci* 28: 797-804.
 10. Kim HJ, Shin SK, Kim MR. 2013. Storage quality characteristics of bread added with dried mulberry pomace. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 42: 1972-1980.
 11. Kang YS, Cho TO, Hong JS. 2009. Quality characteristics of *Jeolpyon* with added mulberry fruit powder. *Korean J Food Cookery Sci* 25: 513-519.
 12. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. 2013. *Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook*. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, Seoul, Korea. p 121.
 13. Kim JB, Jo JG, Kim HL, Ryou MS, Kim JB, Hwang HS, Hwang YS. 2011. Growth and fruit characteristics of blueberry 'Northland' cultivar as influenced by open field and rain shelter house cultivation. *J Bio-Environment Control* 20: 387-393.
 14. Park JH, Choi JH, Hong SI, Jeong MC, Kim D. 2013. Change in quality of mulberry depending on distribution and storage temperature. *Korean J Food Preserv* 20: 141-150.
 15. Hwang IG, Kim HY, Lee J, Kim HR, Cho MC, Ko IB, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of Cheongyang pepper (*Capsicum annuum* L.) according to cultivation region. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1340-1346.
 16. Jun HI, Kim YA, Kim YS. 2014. Antioxidant activities of *Rubus coreanus* Miquel and *Morus alba* L. fruits. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43: 381-388.
 17. Lee YJ, Choi SW. 2013. Physicochemical characteristics and analysis of functional constituents of four different mulberry (*Morus alba* L.) fruit juices. *J East Asian Soc Dietary Life* 23: 768-777.
 18. Kim HB, Kim SL, Moon JY, Chang SJ. 2003. Quantification and variation of free sugars in mulberry fruits. *Korean J Seric Sci* 45: 80-84.
 19. Choi YJ, Chun H, Choi YH, Yum SH, Lee SY, Kim HJ, Shin YS, Chung DS. 2007. Nutritional components content of oriental melon fruits cultivated under different greenhouse covering films. *J Bio-Environment Control* 16: 72-77.
 20. Kim HC, Kwon TO, Bae JH, Kim TC. 2012. Shoot growth characteristics and climatic factors in greenhouse cultivation of mulberry. *J Bio-Environment Control* 21: 74-78.
 21. Choi IS, Moon Y, Kwak EJ. 2012. Composition of resveratrol and other bioactive compounds, and antioxidant activities in different mulberry cultivars. *Kor J Hort Sci Technol* 30: 301-307.