

유기농 딸기의 이화학적 품질특성

이은지 · 장민선 · 김건희*
덕성여자대학교 식품영양학과

Physicochemical Characteristics and Antioxidant Activities of Organic Strawberries

Eun-Ji Lee, Min-Sun Jang, Gun-Hee Kim*
Department of Food and Nutrition, Duksung Women's University, Korea

Abstract

Increasing use of organically grown foods has renewed interest in the relationship between agricultural methods and food quality. The objective of this study was to evaluate the physicochemical characteristics and antioxidant activities of organic strawberries. For this study, strawberries were measured in terms of quality characteristics, including weight, length, diameter, hunter color, soluble solid contents (SSC), moisture contents, and pH, as well as antioxidant activities, including DPPH and ABTS radical scavenging activities and total phenol and flavonoid contents. Consequently, conventional strawberries showed higher weight, diameter, and L (lightness) and b (yellowness) values than organic strawberries ($p < 0.001$). Length, moisture contents, pH, a (redness) value, and DPPH and ABTS radical scavenging activities were similar ($p < 0.05$). However, organic strawberries showed higher SSC and total flavonoid and phenol contents than conventional strawberries ($p < 0.001$). These results indicate that there were significant differences between organic and conventional agriculture techniques.

Key Words: Strawberries, organic, conventional, antioxidant, quality

1. 서 론

딸기는 주로 플라스틱하우스에서 9월 말부터 5월 말까지 재배되는 대표적인 겨울 및 봄철 과채류이며(Choi et al. 2013) 국내의 생산액이 2010년 1조 542 억원으로 전체 채소 생산액의 12.6%를 차지하는 중요한 작물이다. 2010년도 국내의 딸기 재배면적은 7,049 ha, 생산량은 231,803톤으로 설향 품종이 전체의 51.8%를 차지하고 있으며 그 외 매향, kihime, edpearl 등이 재배되고 있다(Nam et al. 2011). 딸기와 같은 berry류는 phytochemical 물질을 함유하여 항산화능, 항염증, 항균, 항암효과 등 다양한 생리활성(Zhang et al. 2010; Bobinaite et al. 2012)을 갖는 것으로 잘 알려져 있다. Berry류의 유용성분 중 특히 flavonoid, tannin, phenolic acid 등과 같은 페놀성 화합물은 높은 생리활성을 띄며 함유량도 높다. 딸기는 그 종류에 따라 성분함량이 다르나 일반적으로 유기산이 많아서 신맛이 많고 당분은 적으며 비타민 C와 quercetin, caffeic acid, ferulic acid 등과 flavonol류 등 다양한 항산화 물질이 함유되어있다(Park et al. 1993).

유기농산물은 2-3년 이상 유기합성 농약과 화학비료를 전

혀 사용하지 않고 재배한 작물로써, 친환경 농산물 중 가장 안전한 식품으로 알려져 있다(Choi et al. 2008). 소비자들은 유기재배 농작물이 환경 친화적인 농법을 이용하여 건전한 토양으로부터 영양분과 맛이 더 나은 농산물을 생산한다고 믿기 때문에 유기농 식품을 구입한다고 한다(Kim et al. 2013). 유기농산물의 경우 관행 재배에 비해 생산성 측면에서 20% 정도 수량이 낮지만 영양학 측면에서는 건물중이나 Fe, Mg과 같은 미량원소, 비타민 C, B, 펠수아미노산, 당 함량 등이 관행재배보다 높은 것으로 보고되었다(Choi et al. 2013). 또한 병해충 발생률이 증가하여 환경적 스트레스에 많이 노출되어 우리 몸에 이로운 2차 대사산물(폴리페놀, 비타민 C 등)이 형성될 수 있다(Treutter 2001). 이러한 유기농산물은 최근 들어 웰빙의 부각과 함께 소비자들에게 건강한 식품 등으로 좋은 인식을 주어 일반 과일에 비해 1.5-2배 비싼 가격에도 불구하고 그 생산량과 소비량이 늘고 있다(Choi et al. 2008).

본 연구에서는 재배형태를 유기농 및 관행으로 나누어 비교하여 높은 소비자의 인식을 대변할 과학적 근거자료를 마련하고자 관행 및 유기농 딸기의 이화학적 품질특성을 조사하였다.

*Corresponding author: Gun-Hee Kim, Department of Food and Nutrition, Duksung University, 33 Samyang-ro 144-gil, Dobong-gu, Seoul, Korea
Tel: 82-2-901-8496 Fax: 82-2-901-8474 E-mail: ghkim@duksung.ac.kr

II. 연구 내용 및 방법

1. 실험재료

본 실험에서 사용된 유기농 재배 딸기는 경상남도 산천 지역에서 2015년 3월에 수확된 '장희' 딸기를 사용하였으며 관행재배 딸기는 유기 및 관행재배에 따른 시료 간의 오차를 줄이고, 객관성을 확보하기 위하여 유기농 재배 농가의 인근 지역에서 재배된 동일 품종을 사용하였다. 2015년 4월 상순에 수확한 후 곧 바로 실험실로 옮겨와 병에 감염되거나 상처 난 과실 및 기형과를 선별 한 후 크기 및 속도가 균일한 건전과만을 선별하여 사용하였다.

2. 종량, 길이 및 지름

종량은 전자저울(CP3202S, Sartorius, Germany)을 이용하여 딸기의 꼭지 부분을 제거하지 않고 측정하였다. 길이는 디지털 캘리퍼(NA500-300S, Blue bird China) 딸기 꼭지 부분부터 가장 긴 부분까지 측정하였으며 지름은 높이를 잴 때 아래 부위로 부터 1.5 cm 윗부분을 측정하였다.

3. pH, 수분 및 가용성 고형물 함량

pH는 딸기 꼭지를 제거한 후 과실 부위를 분쇄기로 마쇄하고, 거르로 착즙한 후 그 여과액을 취하여 pH 측정기(Titro Line Easy, Titro Line, Germany)로 측정하였다. 수분 측정은 수분 측정기(FD-720, KETT Electric Laboratory, Japan)를 이용하여 딸기 건조 중량이 항량이 될 때까지 건조하여 측정하였다. 가용성 고형물 함량 측정은 pH 측정과 동일한 전처리로 식품 당도계(HI96801, HANNA, Italy)를 이용하여 측정하였다.

4. 표면색도

표면색은 표준백판(L=53.99, a=6.48, b=8.53)으로 보정된 chromameter (CR-400, MINOLTA Co., Japan)를 사용하여 측정하였으며, 시료의 중심부위를 150 반복으로 Hunter 색차계인 L, a 및 b 값을 측정하였다.

5. 총 페놀 함량 측정

본문 총 페놀 함량은 Folin-Denis법(Folin et al. 1912)에 따라 각 추출물을 50 μ L에 folin reagent 300 μ L을 가하고 혼합한 다음 실온에서 3분간 정치한 후 2% Na_2CO_3 150 μ L을 가하고 실온에서 2시간 동안 반응시킨 뒤 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로는 gallic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로 총 페놀 함량을 산출하였다. 실험은 3회 반복 수행하여 평균값을 제시하였다.

6. 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Davis 방법(Ko et al. 2008)을 이

용하여 측정하였고, 각각의 시료용액 0.1 mL에 Diethylene glycol 1 mL과 1 N NaOH 0.1 mL을 혼합한 뒤 30°C에서 60분간 유지시킨 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)을 사용하였으며, 시료와 동일한 방법으로 분석하여 얻은 검량선으로 부터 총 플라보노이드 함량을 산출하였다. 실험은 3회 반복 수행하여 평균값을 제시하였다.

7. DPPH 라디칼 소거능

각 추출물의 1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능은 Blois 등(Blois et al. 1958)의 방법을 약간 변형하여 평가하였다. 농도별 시료에 0.2 mM DPPH (Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 용액을 동일 비율로 가하여 잘 혼합하고, 암소에서 25분간 방치한 후 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과 값은 시료를 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 라디칼의 제거활성으로 나타내었다. DPPH radical 소거활성 실험은 3회 반복 수행하여 평균값을 제시하였으며 계산식은 다음과 같다.

$$\% \text{DPPH} = (A - B) / A \times 100$$

A: Absorbance of the control

B: Absorbance of the sample

8. ABTS 양이온 소거능

ABTS 양이온(ABTS^+) 소거능 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzthiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)와 potassium persulfate을 혼합하여 암소에 두면 ABTS 양이온이 생성되는데 추출물의 항산화 물질과 반응하여 양이온이 소거됨으로써 특유의 청록색이 탈색되며 이의 흡광도를 측정하여 항산화 능력을 측정할 수 있다. 7.4 mM ABTS 용액과 2.6 mM 과황산칼륨을 혼합하여 암소에서 약 24시간 반응시킨 후 732 nm에서 흡광도가 0.7 ± 0.03 가 되도록 phosphate buffer saline (pH 7.4)으로 희석하여 사용하였다. 희석한 용액 950 μ L에 농도별로 조제한 시료 50 μ L를 첨가하여 잘 혼합하고 실온에 10분간 방치한 다음 732 nm에서 흡광도를 측정하였다. 결과 값은 시료를 첨가하지 않은 대조군과 비교하여 라디칼의 제거활성으로 나타냈으며 양성대조군으로는 ascorbic acid를 사용하였다.

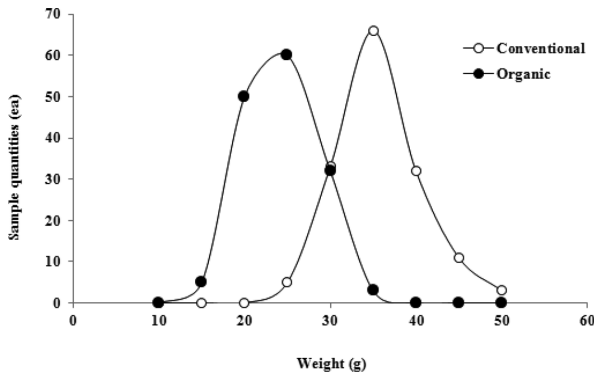
9. 통계처리

본 실험연구에서 얻어진 모든 측정치는 평균값과 표준편차로 나타내었고, 각 평균치간 차이에 대한 유의성은 SPSS program (ver. 19.0, SPSS Inc., USA)을 이용하여 t-test를 실시하고 각 군의 평균 차이에 대한 사후 검정을 하였으며, 통계적 유의성을 분석하였다.

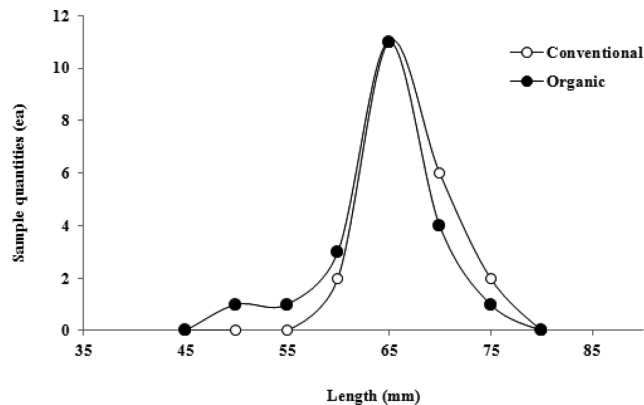
III. 결과 및 고찰

1. 중량, 길이 및 지름

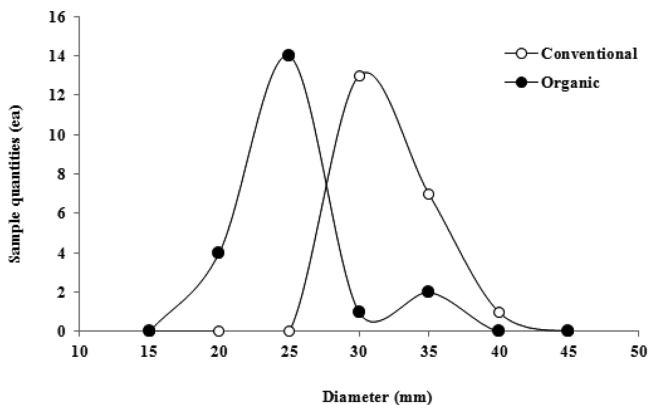
유기농 및 관행재배 딸기의 중량, 길이 및 지름을 측정된 결과에 대한 구간별 분포도를 <Figure 1, 2 및 3>에 나타내었다. 그 결과 관행재배 딸기의 중량 및 지름의 경우 유기농 재배 딸기보다 더 높은 수치의 분포도를 보였으며, 길이의 경우 관행재배 와 유기농 재배 딸기의 유사한 분포도를 보



<Figure 1> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the weight of strawberries.



<Figure 2> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the length of strawberries.



<Figure 3> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the diameter of strawberries.

<Table 1> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the weight, length, diameter of strawberries

Quality characteristics	Conventional	Organic
Weight (g)	32.95±4.87***	21.66±3.99
Length (mm)	64.35±4.30	62.50±5.41
Diameter (mm)	30.08±2.57***	23.38±3.28

***Values are significantly different between organic and conventional (**p<0.001)

The value represents the mean±SD

였다. 유기농 및 관행재배 딸기의 각 품질 특성에 따른 평균 값은 <Table 1>에 나타내었다. 관행재배 딸기의 중량은 32.95±4.87 g, 유기농 재배의 경우 21.66±3.99 g으로 관행재배 딸기의 중량이 더 무거웠으며 유의적 차이를 나타내었다 (p<0.001). 길이의 경우 관행재배 딸기의 길이는 평균 64.35±4.30 mm, 유기농재배는 62.50±5.41 mm으로 관행재배 딸기에서 조금 더 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 보이지 않았다. 관행재배 딸기의 지름은 30.08±2.57 mm, 유기농 재배의 경우 23.38±3.28 mm으로 관행재배 딸기에서 더 두꺼운 유의적 차이를 나타내었다(p<0.001). 일반적인 관행재배 농가는 과실비대 및 조기생산을 목적으로 gibberellin acid (과실 비대제)를 살포하는데(Choi et al. 2010), 유기 재배된 과실의 경우 gibberellin acid를 사용하지 않기 때문에 이러한 외적 품질 차이가 나타나는 것으로 판단되었다. 종자발아를 촉진하는 것으로 알려진 대표적인 식물호르몬 지베렐린(gibberellin, GA)은 diterpenoid 화합물의 형태로 색소체(proplastid)에서 geranylgeranyl diphosphate (GGDP)를 전구체로 하여 소포체막(endoplasmic reticulum membrane)과 세포질(cytoplasm)에서 다양한 효소의 작용을 통해 생 합성된다(Olszewski et al. 2002). 이러한 과실 비대제를 과경에도포하여 재배하는 것은 과실의 숙기를 촉진하는 재배방법 중 가장 많이 이용하는 것이다(Choi et al. 2009). 이러한 결과를 통해 ‘장희’ 딸기의 경우 중량 및 지름에서 관행재배 딸기가 더 무겁고 두꺼운 품질을 나타내는 것을 알 수 있었다.

2. pH, 수분 및 가용성 고형물 함량

딸기의 유기농 및 관행재배에 따른 pH, 수분 및 가용성 고형물 함량 값은 <Table 2>에 나타내었다. pH의 경우 관행재배 딸기에서 3.87±0.06, 유기농 재배 딸기에서 3.92±0.06을 나타내었고 수분함량의 경우 관행재배 딸기에서 85.26±1.69%, 유기농 재배 딸기에서 87.19±1.38%를 나타내어 두 품질 모두 유기농 딸기에서 조금 더 높은 경향을 보였으나 유의적 차이는 보이지 않았다. 가용성 고형물 함량의 경우 관행재배 딸기에서 8.29±1.03°Brix, 유기농 재배 딸기에서 9.69±1.01°Brix 으로 유기농 딸기가 유의적으로 더 높은 함량을 나타내었다(p<0.001). 이러한 내적 품질 특성을 비교해 보았을 때 관행재배 딸기와 유기농 재배 딸기에서 수분 및 pH의 경

<Table 2> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the pH, Moisture and Soluble Solid Contents of strawberries (p<0.001)

Quality characteristics	Conventional	Organic
pH	3.87±0.06	3.92±0.06
Moisture contents (%)	85.26±1.69	87.19±1.38
Soluble solid contents (°Brix)	8.29±1.03	9.69±1.01***

***Values are significantly different between organic and conventional (**p<0.001)

The value represents the mean±SD

<Table 3> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the Hunter Color value of strawberries (p<0.001)

Quality characteristics	Conventional	Organic	
Hunter color value	L	29.88±2.43***	28.42±2.16
	a	34.31±2.69	35.15±5.68
	b	14.08±1.89***	12.87±1.67

***Values are significantly different between organic and conventional (**p<0.001)

The value represents the mean±SD

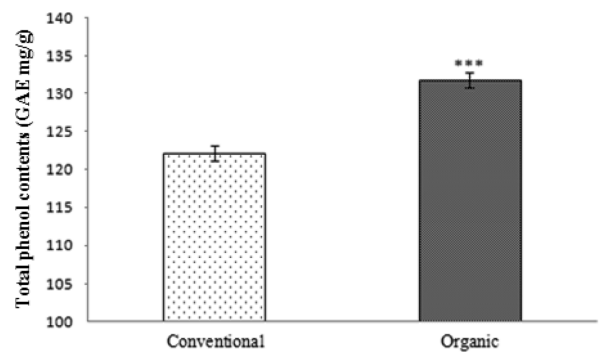
우 차이를 보이지 않았지만, 가용성 고형물 함량의 경우 유기농 재배 시 적절한 비배관리를 통해 관행재배 딸기에 비하여 높은 가용성 고형물 함량을 나타낸 것으로 판단되었다.

3. 표면색도

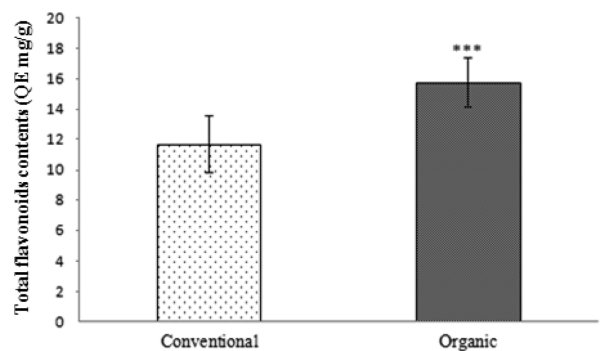
딸기의 재배 형태에 따른 과실의 표면색도는 <Table 3>에 나타내었다. 유기농 및 관행재배 딸기의 외적 품질차이를 알아보기 위해 색차계를 이용하여 Hunter's value 인 L (lightness), a (redness), b (yellowness) 값을 조사하였다. 관행재배 딸기의 경우 L값은 29.88±2.43, a값은 34.31±2.69, b값은 14.08±1.89로 나타났다. 유기농 재배 딸기의 경우 L값은 28.42±2.16, a값은 35.15±5.68, b값은 12.87±1.67로 L값 및 b값에서 관행재배 딸기가 다소 높은 유의적 차이를 나타내었다(p<0.001).

4. 총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

유기농 및 관행재배 딸기의 총 페놀 함량은 gallic acid equivalent (GAE)로 환산하여 <Figure 4>에 나타내었고 총 플라보노이드 함량은 quercetin equivalent (QE)로 환산하여 <Figure 5>에 나타내었다. 총 페놀 함량의 경우 관행재배 딸기는 122.12±4.95 GAE mg/g, 유기농 재배 딸기는 131.82±6.77 GAE mg/g을 나타내었다. 총 플라보노이드 함량의 경우 관행재배 딸기는 11.69±1.86 QE mg/g, 유기농 재배 딸기는 15.74±1.63 QE mg/g로 총 페놀 함량 및 플라보노이드 함량 모두 유기농 재배 딸기에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다(p<0.001). 이는 유기농 과실의 경우 화학비료와 농약 살포를 금지하고 천연자재에 의한 병해충방제 및 유기질 퇴비



<Figure 4> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the total phenol contents (GAE mg/g) of strawberries (p<0.001).



<Figure 5> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the total flavonoid contents (QE mg/g) of strawberries (p<0.001).

에 의해 재배되기 때문에 유기농 과실의 경우 관행재배와 비교하였을 때 병해충 발생률이 증가하게 되고 환경적 스트레스에 많이 노출되어 이에 대응하는 대사산물인 폴리페놀 및 플라보노이드 등이 더 많이 형성된 것이라고 판단된다(Choi et al. 2010). 또한 유기농업으로 재배된 사과를 관행재배와 비교한 연구에서 유기재배 된 사과의 항산화 물질은 관행재배 한 사과보다 10-15% 이상 함유하고 있었다고 보고하며(Peck et al. 2006) 본 연구결과와 유사한 경향을 나타내었다.

5. DPPH 라디칼 및 ABTS 양이온 소거능

딸기의 재배 형태에 따른 DPPH 라디칼 및 ABTS 양이온 소거능을 측정한 결과는 <Table 4>에 나타내었다. DPPH 라디칼 소거능의 경우 관행재배는 63.31±1.30%, 유기농 재배 딸기는 64.33±2.17%의 소거활성을 나타내어 관행재배 딸기에 비해 유기농 재배 딸기에서 다소 높은 소거능을 보였으나 유의적 차이는 인정되지 않았다. ABTS 양이온 소거능의 경우 관행재배 딸기의 경우 93.83±0.09%의 활성을 나타내었고, 유기농 재배의 경우 93.80±0.07%의 소거활성을 나타냈으며 관행재배 딸기와 유기농 재배 딸기간의 유의적 차이는 나타나지 않았다. DPPH 라디칼 및 ABTS 양이온 소거능 모두 유기농 및 관행재배 딸기에서 유의적 차이는 나타내지 않

<Table 4> Comparison of the organic and conventional agricultural practice on the DPPH and ABTS radical scavenging activity of strawberries

	Conventional	Organic
DPPH radical scavenging activity (%)	63.31±1.30	64.33±2.17
ABTS radical scavenging activity (%)	93.83±0.09	93.80±0.07

The value represents the mean±SD

았지만, 유기농 재배 딸기에 페놀류 및 플라보노이드 계통의 화합물을 다량 함유하고 있기 때문에 다소 높은 소거능을 보인다고 판단된다. 또한 Choi et al.(2010)이 연구한 유기 및 관행 재배에 따른 배의 품질비교 결과에 따르면 유기재배 배 과실에서 과피, 과육, 과즙에서 페놀함량이 유의적으로 높았으나 DPPH 라디칼 소거능은 처리 간에 유의적인 차이가 없었다고 하여 본 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

IV. 요약 및 결론

본 연구는 관행 재배한 딸기와 유기농으로 재배한 딸기 간의 이화학적 품질특성 차이를 알아보기 위해 수행되었다. 외적품질평가요소로 중량, 길이 및 지름, 가용성 고형분 함량, pH, 수분함량 그리고 표면색도를 측정하였다. 그 결과 관행 재배 딸기가 외적품질 요소 중 중량 및 지름에서 더 높은 품질 특성을 나타내었고, 유기농으로 생산된 딸기에서 가용성 고형분 함량, L 및 b값에서 유의적으로 더 높은 결과를 나타내었다. 또한 딸기의 항산화능을 평가하기 위해 DPPH 라디칼 및 ABTS 양이온 소거능, 총 플라보노이드 및 페놀 함량을 측정하였다. DPPH 라디칼 및 ABTS 양이온 소거능의 경우 유의적 차이가 나타나지 않았지만, 총 플라보노이드 및 페놀 함량을 측정한 결과 유기농 재배 딸기에서 유의적으로 높은 함량을 나타내었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 연구비 지원(313030-03-2-HD040)을 받아 수행된 연구로 이에 감사드립니다.

References

Bobinaite R, Viškelis P, Venskutonis P R. 2012. Variation of total phenolics, anthocyanins, ellagic acid, and radical scavenging capacity in various raspberry (*Rubus* spp.) cultivars. *Food Chem.*, 132(3):1495-1501

Choi CS, Lee MH, Lee KB, Choi SK, Kim SK, Kang JH, Tahk HM. 2008. Microbiological Evaluation of organic and inorganic vegetables. *Chung Ang J. Hum. Ecol.*, 27:39-45

Choi HG, Kang NJ, Moon BY, Kwon JK, Rho IR, Park KS, Lee

SY. 2013. Changes in Fruit Quality and Antioxidant Activity Depending on Ripening Levels, Storage Temperature, and Storage Periods in Strawberry Cultivars. *Korean J. Hort. Sci. & Technol.*, 31(2):194-202

Choi HS, Lee X, Kim WS, Lee Y. 2010. Comparison of Fruit Quality and Antioxidant Compound of 'Nittaka' Pear Trees Grown in the Organically and Conventionally Managed Systems. *Korean J. Environ. Agric.*, 29(4):367-373

Choi JS, Ahn YJ. 2009. Effects of Flower Quality and Gibberellin Acid on Fruit Quality of 'Nittaka' Pear. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 10:93-93

Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.*, 12:239-249

Jang MR, Hong EY, Cheong JH, Kim GH. 2012. Antioxidative Components and Activity of Domestic *Cirsium japonicum* Extract. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 41(6):739-744

Kim MJ, Shim CK, Kim YK, park JH, Han EJ, Hong SJ, Yun JC, Jee HJ. 2013. Comparison of Fruit Detachment Force and Fruit Characteristics of Organically and Conventionally Cultivated Sweet Persimmon. *J. Agric. Life Sci.*, 47(6):69-79

Ko SH, Kim SI, Han YS. 2008. The quality characteristics of yogurt add supplemented with low grade dried-persimmon extracts. *Korean J. Food Cook. Sci.*, 24:735-741

Olszewski N, Sun T P, Gubler F. 2002. Gibberellin signaling: biosynthesis, catabolism, and response pathways. *The Plant Cell*, 14:61-80

Park IK, Kim MH, Lee MS, Kim SD. 1993. Visual Quality Estimation of Strawberry. *J. East Asian Soc. Diet. Life*, 3(2):107-119

Nam MH, Kim HS, Nam YG, Kim HG. 2011. Fungicide Spray Program to Reduce Application in Anthracnose of Strawberry. *Res. Plant Dis.*, 17(3):295-301

Suthanthangjai W, Kajda P, Zabetakis I. 2005. The effect of high hydrostatic pressure on the anthocyanins of raspberry (*Rubus idaeus*). *Food Chem.*, 90(1):193-197

Treutter D. 2001. Biosynthesis of phenolic compounds and its regulation in apple. *J. Plant Growth Regul.*, 34(1):71-89

Zafrilla P, Ferreres F, and Tomás-Barberán F A. 2001. Effect of Processing and Storage on the Antioxidant Ellagic Acid Derivatives and Flavonoids of Red Raspberry (*Rubus idaeus*) Jams. *J. Agric. Food Chem.*, 49(8):3651-3655

Zhang L, Jianrong Li, Hogan S, Chung H, Welbaum G E, Zhou K. 2010. Inhibitory effect of raspberries on starch digestive enzyme and their antioxidant properties and phenolic composition. *Food Chem.*, 119(2):592-599

Received September 2, 2015; revised October 28, 2015; accepted November 17, 2015