

Article

## Effect of Harvest Time on Antioxidant Activity and Functional Constituents of Oriental Melons

Hye Suk Kim, Young-Hwa Kang\*

Department of Horticultural Sciences, Kyungpook National University, Daegu 702-701, South Korea

### 수확시기가 참외의 항산화 활성 및 기능성 성분에 미치는 영향

김혜숙 · 강영화\*

경북대학교 농업생명과학대학 원예과학과

#### Abstract

This study compared the antioxidant activity and functional constituents of the peel, flesh, and placenta of oriental melons according to the harvest time. The sample oriental melons were harvested during the major harvest time (from June to August) and divided into peel, flesh, and placenta. To examine the antioxidant activity and functional constituents, the sample melons were extracted using EtOH. As a result, the functional constituents and antioxidant activity of the oriental melons were found to change according to the harvest time. The total phenol and total flavonoid contents were highest in the samples harvested in June, and lowest in the samples harvested in July. Meanwhile, the antioxidant activities were estimated using an ABTS and FRAP assay, where the samples harvested in June also showed the strongest the antioxidant potential, while the samples harvested in July showed significantly lower antioxidant activities. This means that the climate influences the synthesis of secondary metabolites. The above data also suggests that oriental melons harvested in June contain more functional phytochemicals, making them more beneficial for human health.

**Keywords** : Antioxidant, Harvest Environment, Oriental Melons, Total Flavonoid, Total Phenol

#### 서 론

참외는 박과류에 속하는 1년생 식물로 원래 중앙 아시아의 고온 건조한 지역이 원산지인 멜론에서 유래된 것으로 알려져 있으며 현재는 우리 나라를 비롯하여 중국, 일본 등지에서 재배되고 있다. 참외는 맛을 많이 흘리는 여름철 갈증을 해소시켜주고 체질이 산성으로 변하기 쉬운 여름에 좋은 식품이며 엽산을 비롯한 비타민의 함량이 많다고 알려져 있다. 또한 독특한 향기와 시원한 맛이 우리 기호에 맞아 예로부터 여름철의 대표적인 과실로서 많이 애용되고 있다(R.D.A., 1993). 전국의 참외재배 면적은 약 6,827ha이며 그 중96%를 시설재배가 차지하고 있다(MAF, 2006). 참외는 4월 중하순에 파종하여 7월에서 8월 성하기에 수확하는 노지재배가 본래의 작형이었으나, 내병성, 저온 신장성, 다수성을 위하여 접목재배가 이루어지고 점차 파종기가 앞당겨진 터널조숙재배를 거쳐 최근에는 반촉성 및 촉성재배가 남부지역을 중심으로 많이 재배되고 있으며, 남부 주산지에서 연장재배와 역제재배가 이루어져 연중

참외가 생산되고 있다(Shin et al. 2005; Suh 1999).

참외의 약리작용으로는 덜 익은 참외꼭지 말린 것에 엘라테린이라는 결정성 쓴 맛을 내는 물질이 최효과가 있어 한방에서는 과채라고 하여 약용으로 사용하고 있다. 동의 보감에는 참외가 진해, 거담작용을 하고 풍담, 황달, 수종, 이뇨에도 효과가 있다고 전해진다(Park et al. 2004; Yon et al. 2003). 최근에는 참외 추출물의 항암활성, 항산화 활성, 부위별 기능성분 함량과 항산화 활성에 관한 연구가 보고 되었다(Kim et al. 2009a, 2009b).

농산물은 기후적 특성으로 인해 같은 품종이라도 수확시기에 따라 또는 수확기 기상환경에 따라 기능성 성분과 활성에 큰 차이가 나타난다(Kang et al. 2000). 국내에서 수확시기별 생리적 활성과 기능성 성분 함량 변화에 대해 연구된 내용으로 수확시기에 따른 부추의 항산화 효과 및 항산화 물질의 함량 변화(Moon et al. 2003), 수확시기별 구기자 추출물의 betaine의 함량과 항산화 활성 변화(Park et al. 2006), 꾸지뽕나무의 수확부위 및 시기에 따른 항균활성

Received: September 13 2013 / Revised: September 22 2013 / Accept: September 26 2013

\*Corresponding Author: Young-Hwa Kang, Tel. 82-53-950-7752, Fax. 82-53-950-5722, Email. youngh@knu.ac.kr

©2012 College of Agricultural and Life Science, Kyungpook National University

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, Provided the Original work is Properly cited.

변화(Choiet al. 2009), 수확시기별 감귤 과피의 플라보노이드 함량 및 항산화 활성변화(Kim et al. 2009)에 대한 연구들이 보고되었다. 수확시기가 기능 성분함량 또는 생리활성에 미치는 영향에 대한 연구는 국외에서도 연구가 활발히 이루어져, 수확시기에 따른 사과와 향산화 활성의 변화(Lata et al. 2005), 수확시기에 따른 차의 기능성분 함량 변화(Lihu et al. 2005), 수확시기 및 지역에 따른 망고의 기능 성분 함량과 항산화 활성변화(Manthey and Perkins-Veazie, 2009) 등에 대한 연구가 보고되었다.

참외는 호광성, 고온성 작물로서 재배기간의 집중 호우, 일사량 부족 등 불안정한 기상환경이 참외의 품질과 수량에 영향을 미친다는 보고(Lee et al. 2004)가 있었으나, 수확기 기상환경이 기능성분 함량과 항산화활성에 미치는 영향에 대한 연구는 아직까지 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 참외를 주요 수확 시기별로(6월, 7월, 8월) 2년간(2008-2009년)에 걸쳐 시료를 수집하여 항산화 효과와 기능성 성분 함량을 측정하여 수확시기 또는 수확기 기상환경이 이차대사산물 함량 및 항산화 활성 변화에 미치는 영향을 알아보하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 추출

본 연구에 사용된 참외(*Cucumis melo* L. var *makua* Makino)는 시중에서 가장 널리 판매되고 보급되어 있는 오복꿀 품종으로 경상북도 과채류 시험장으로부터 선별된 것을 2008년과 2009년에 수확시기별(6월, 7월, 8월)로 공급받아 껍질, 과육, 태좌 부위별로 분리한 다음 40 °C에서 48시간 열풍건조로 수분을 제거하고 분쇄 후 에탄올로 3회 반복 추출하였다. 추출액은 여과한 다음 감압농축하여 동결건조 후 실험의 시료로 사용하였다.

### 수확시기별 기상정보

참외 수확시기의 기상환경(강수량, 일사량)과 항산화 활성 및 기능성 성분의 상관관계를 알아보기 위해 경상북도 성주군의 2008, 2009년도의 6-8월 기상자료를 이용하여 참외 수확 2주전의 강수량과 일사량의 총량을 조사하였다.

### 총 페놀 함량 측정

총 페놀 함량은 Anagnostopoulou et al.(2006)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 즉 96 well plate에 각 추출물과 0.2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 첨가하여 3분 동안 실온에서 반응 시킨 후  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  포화용액과 증류수를 넣고 실온에서 1시간 동안 방치한 뒤 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 생체 100 g당 총 페놀의 함량을 구하였다.

### 총 플라보노이드 함량 측정

총 플라보노이드 함량은 Dewanto et al. (2002)의 방법을 일부 변형하여 정량하였다. 각 추출물에 5%  $\text{NaNO}_2$  용액을 가하여 6분 간 방치한 다음 10%  $\text{AlCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ 를 첨가하였다. 6분 후 1 N NaOH를 넣고 30분 동안 실온에서 반응시키고 415 nm에서 UV측정을 한다. Naringin 검량선을 이용하여 생체 100 g당 총 플라보노이드 함량을 구하였다.

### ABTS free radical 소거 활성

참외의 수확시기별 라디칼 소거활성을 측정하기 위해 Re et al. (1999)의 ABTS radical cation decolorization assay 방법을 96 well plate에 맞게 응용하여 실시하였다. 7 mM ABTS[2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)]를 2.45 mM  $\text{K}_2\text{S}_2\text{O}_8$ 에 녹인 후 실온에서 16시간 동안 방치하여 radical을 형성시켰으며 사용 직전에 734 nm에서 O.D. 값이  $0.7 \pm 0.05$ 가 되도록 ABTS 시약의 농도를 phosphate-buffered saline (pH 7.4)로 희석하여 사용하였다. 농도별로 준비한 시료와 ABTS 용액을 96 well plate에 첨가한 후 암소에서 6분이 경과하면 734 nm에서 흡광도를 측정하였다. ABTS radical cation decolorization 효과는 대조군에 대한 라디칼 소거능을 percentage inhibition(%)으로 나타내었다.

### Ferric Reducing Antioxidant Power 측정

환원력 측정을 위해 Benzie and Strain(1996)의 FRAP방법을 사용하였다. 반응액은 acetate buffer(pH 3.6, 300 mM) : 10mM의 TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine) : 20 mM의  $\text{FeCl}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 를 10 : 1 : 1의 비율로 실험 직전에 만들어 사용하였다. 반응액과 시료를 혼합하여 4분간 반응시킨 후 593 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시료의 환원력은 참외 메탄올 추출물 1 mg에 해당하는 환원력을 Trolox의 용량( $\mu\text{mol}$ )으로 표시하였다.

### 통계처리

기능성 성분 실험 결과 자료는 SAS 프로그램(version 9.1.3)을 이용하여 3회 반복 측정하여 얻은 결과를 평균(mean) ± 표준편차(S.D.)값으로 나타내었다. 각 군의 평균치에 대한 통계적 유의성은 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하여 5% 수준에서 검정하였고 수확시기에 따른 참외 부위별 기능성 성분 및 항산화 활성의 상관관계 또한 SAS 통계 프로그램을 통해 분석하였다.

### 결과 및 고찰

#### 수확시기별 기상정보 변화

참외 수확시기에 따른 2008년과 2009년의 일사량과 강수량의 기상정보 변화 특징을 살펴보면 2008년의 경우 일사량은 6월에  $224.3 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ , 7월에  $208.7 \text{ MJ} \cdot \text{m}^{-2}$ , 8월에  $181.1$

MJ·m<sup>2</sup>로 6월에서 8월로 갈수록 감소하였고, 강우량은 각각 72.5 mm, 130 mm, 103.5 mm로 6월에서 7월 사이 강우량이 급격하게 증가하였다. 2009년의 경우 일사량은 233.6 MJ·m<sup>2</sup>, 128.2 MJ·m<sup>2</sup>, 143.4 MJ·m<sup>2</sup>로 6월에서 총량이 가장 높았으며 7월에 급격히 감소한 것을 확인할 수 있었고, 강우량은 43.5 mm, 191.5 mm, 53 mm로 2008년과 마찬가지로 6월에서 7월 사이 강우량이 급격하게 증가하였다 (Figure 1).

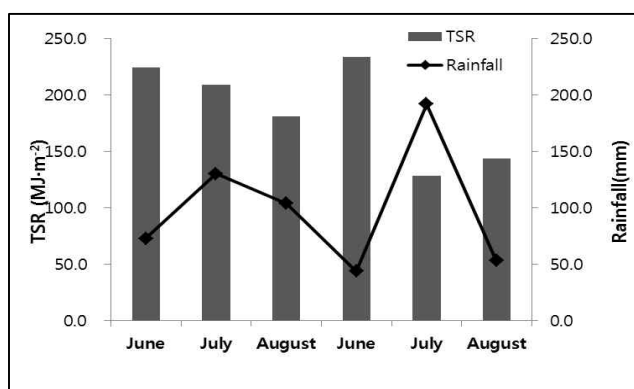


Figure 1. Mean rainfall and TSR information from June to August in 2008 and 2009.

TSR : total solar radiation.

### 총 페놀 함량

페놀성 물질은 식물체에 다양한 구조로 존재하며 여러 가지 생리활성을 나타내는 물질로 분자 내에 하나 이상의 phenolic hydroxyl기를 가지고 있어 천연 항산화제로 작용할 수 있다는 연구들이 보고되어 있다(Kequan and Yu, 2006). 수확시기별 참외의 껍질, 과육, 태좌 부위의 페놀함량을 살펴보면 2008년 총 페놀 함량은 2008년 6월 수확한 참외의 껍질, 과육, 태좌 부위에서 생체 100 g 당 101.7 mg, 32.8 mg, 38.0 mg 으로 껍질에서 가장 높은 함량을 보여주었고, 2009년 6월에도 참외 껍질, 과육, 태좌 부위에서 생체 100 g당 135.1 mg, 49.6 mg, 104.0 mg으로 껍질에서 가장 높은 함량을 보여주었다(Table 1). 하지만 2008년과 2009년의 7월의 함량을 비교하면 2009년은 7월에 함량이 급격히 떨어지는 반면 2008년은 적은 양의 변화만을 보여주었다. 일사에 포함되어 있는 UV-B는 ROS(reactive oxygen species)를 형성하여 식물체에 산화적 손상을 유발하고 식물체는 ROS에 대한 자기방어기작으로 페놀성 물질의 합성을 촉진하게 된다(Brosché and Strid 2003). UV-B와 페놀성 물질 함량 간의 상관관계에 대한 많은 연구가 수행되었는데 포도는 UV-B조사량이 증가하면 다양한 페놀화합물의 함량이 증가하였으며, 당근에 UV-B를 조사하면 페놀의 생합성경로에서 phenylalanin으로부터 페놀성 물질들을 합성하는데 중요한 역할을 하는 PAL(phenylalanine ammonia-

lyase)을 합성하는 유전자의 발현이 증가하는 것을 확인하였다(Berli et al. 2008; Maeda et al. 2005). 2008년에는 페놀성 물질 합성에 중요한 요소로 작용하는 일사량이 224.3 MJ·m<sup>2</sup>, 208.7 MJ·m<sup>2</sup>, 181.1 MJ·m<sup>2</sup>로 그 값이 작게 감소한 반면 2009년에는 233.6 MJ·m<sup>2</sup>, 128.2 MJ·m<sup>2</sup>, 143.4 MJ·m<sup>2</sup>로 급격한 감소를 보여주었다. 특히 껍질 부위는 다른 부위에 비해 함량 변화 정도가 심하였는데 껍질은 UV-B를 비롯한 각종 환경 스트레스에 대해 1차적인 방어역할을 하기 때문이다(Wolfe et al. 2003). 2008년과 2009년을 비교할 경우 6월을 제외하고는 2008년이 일사량은 높는데 기능성분 함량이 낮은 이유는 강우, 온도, 일조시간 등 페놀화합물 합성에 영향을 미치는 다른 환경요인에 의한 것으로 사료된다. 참외는 대부분 적절한 수분관리가 이루어지고 있는 시설재배이기 때문에 예상치 못한 강우의 양은 시설 내 토양수분의 함량을 높여 과습에 의해 토양 내 산소 부족을 초래하여 뿌리의 호흡작용을 저해하고 수분과 페놀성 성분을 합성하기 위한 무기양분의 흡수를 저해할 것으로 생각된다(Shin et al. 2000). 이는 밑에서 강우의 양이 증가함에 따라 과실의 성장과 총 페놀의 함량이 낮아진 결과와도 일치한다(Mpofu et al. 2006).

Table 1. Mean content of total phenolic compounds in oriental melons harvested in June to August in 2008 and 2009.

Harvest time	Part (mg·100g <sup>-1</sup> f.w.)		
	Peel	Flesh	Placenta
June-08	101.7±2.9 <sup>a</sup>	32.8±0.5a	38.0±0.8a
July-08	91.6±3.0b	27.9±0.5b	33.3±0.9b
August-08	90.8±2.2b	31.2±0.6a	34.6±0.8b
June-09	135.1±1.6a	49.6±1.8a	104.0±4.6a
July-09	69.1±0.8c	32.0±0.2c	72.1±1.6c
August-09	97.1±1.8b	38.3±1.7b	88.7±1.0b

<sup>a</sup>Mean values ± standard deviations (3 replicates).

<sup>b</sup>Values with different superscripts: mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P≤0.05.

### 총 플라보노이드 함량

플라보노이드 화합물은 4000종 이상이 알려져 있으며 비교적 간단한 구조를 가지면서 항산화력을 비롯한 다양한 활성을 나타내는 또 다른 항산화력의 지표이다(Cha and Cho, 2001). 수확시기에 따른 참외의 플라보노이드 함량 변화를 살펴보면 2008년 2009년의 수확시기 중 6월 참외의 껍질, 과육, 태좌 부위에서 가장 높은 함량을 보여주었다 (Table 2). 2008년과 2009년의 플라보노이드 함량은 일사량이 감소함에 따라 감소하는 것을 보여주었다. 플라보노이

드 또한 UV-B에 의한 광스트레스의 방어작용으로 식물체에서 유도되어진다. UV-B는 플라보노이드 생합성경로에 관련하는 주요 enzyme인 CHS(chalcone synthase)와 CHI(chalcone isomerase)를 활성화시키는 중요한 자극인자로 증명되었다(Brosché and Strid 2003). Giuntini et al. (2008)은 토마토의 껍질과 과육에서 UV-B 조사에 의한 플라보노이드 함량과 플라보노이드 생합성경로에 관여하는 효소들의 발현변화에 대해 연구하였는데 토마토의 껍질에서 UV-B조사의 증가에 따라 플라보노이드 함량과 플라보노이드 합성을 유도하는 효소들의 발현이 증가되는 것을 확인하였다. 또한 과육에서는 UV-B조사에 따른 플라보노이드 함량의 급격한 변화를 확인할 수 없었는데 이는 과육 부위는 껍질부위에 비해 플라보노이드 생합성대사에 관여하는 효소의 양이 불충분하기 때문이다. 참외 역시 과실의 부위 중 껍질에 플라보노이드의 대부분이 존재하는 것으로 확인되었으며 이는 Kelly et al. (2003)이 보고한 사과 껍질, 과육의 플라보노이드 함량을 조사한 결과 껍질에 높은 함량의 플라보노이드가 존재한다는 내용과 일치하였다. Lewis et al. (1998)은 껍질이 다른 부위보다 활성성분의 함량이 높은 것은 광을 비롯한 환경 스트레스에 대한 방어기작과 관련이 높다고 보고하였다. 따라서 껍질 부위를 제외한 과육, 태좌 부위는 일사량에 의한 플라보노이드 함량 변화가 크게 영향을 미치지 않을 것으로 사료된다.

**Table 2. Mean content of total flavonoids in oriental melons harvested in June to August in 2008 and 2009.**

Harvest time	Part (mg·100g <sup>-1</sup> f.w.)		
	Peel	Flesh	Placenta
June-08	131.9±8.0 <sup>a</sup> <sup>y</sup>	5.5±0.1a	5.8±0.2a
July-08	122.2±2.3a	2.5±0.1c	3.8±0.1b
August-08	100.4±6.7b	3.1±0.1b	2.7±0.1c
June-09	159.1±6.1a	8.1±0.2a	10.7±0.7a
July-09	100.0±2.7b	2.7±0.1c	5.0±0.1c
August-09	114.9±3.4b	3.1±0.1b	7.8±0.7b

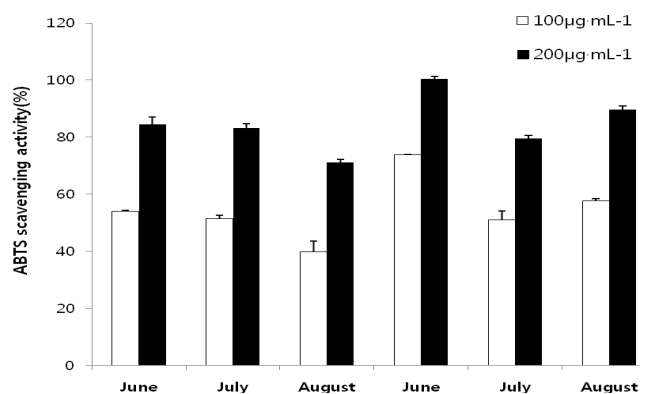
<sup>y</sup>Mean values ± standard deviations (3 replicates).

<sup>y</sup>Values with different superscripts: mean separation within columns by Duncan's multiple range test, P≤0.05.

### ABTS free radical 소거활성

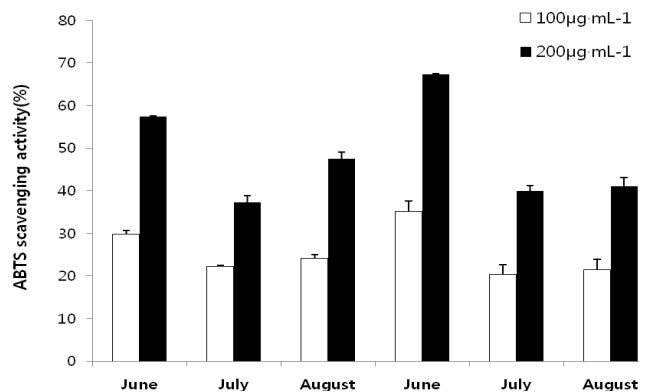
ABTS free radical 소거활성은 ABTS의 양이온 라디칼의 흡광도가 항산화제에 의해 감소되는 원리에 기초한 방법이다(Yoo et al. 2007). 참외의 수확시기별 ABTS 라디칼 소거활성 결과 2008년 6월에 수확한 참외의 껍질, 과육, 태좌 부위의 200μg·mL<sup>-1</sup>의 농도에서 ABTS 라디칼 소거활성이 각각84.5%, 57.4%, 66.0%로 가장 높게 나타났고, 2009년 또한 100.0%, 67.3%, 78.1%로 가장 높게 나타났다. 2008

년과 2009년을 비교하면 전반적으로 2009년에 수확한 참외의 활성이 높게 나타났다(Figure 2,3,4). 사과 품종의 수확 환경에 따른 항산화 활성과 페놀성 물질의 함량 변화를 실험한 연구에서 강우량과 평균기온은 페놀성 성분 함량 변화와 밀접한 관계가 있으며, 항산화 활성은 페놀성 물질의 함량 변화와 높은 상관관계가 있다고 보고하였다(Lata et al. 2005). 따라서 위의 결과는 일사량을 비롯한 강우, 토양조건, 온도 등에 따른 페놀성 물질, 플라보노이드를 비롯한 항산화 활성 효과를 나타내는 기능성 성분과 밀접한 연관이 있을 것으로 사료된다.



**Figure 2. Change of ABTS radical scavenging activity in oriental melon peel according to harvest time in 2008 and 2009.**

Results are mean±S.D. from three replications.

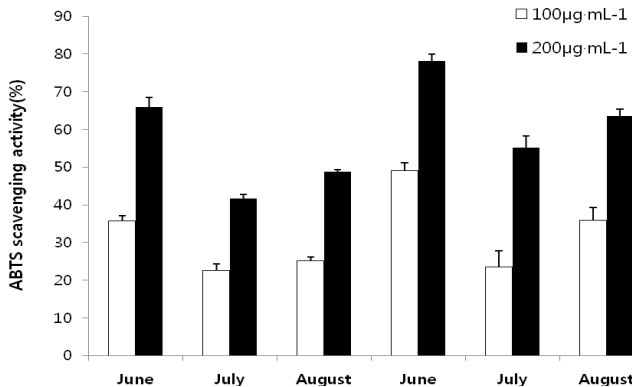


**Figure 3. Change in ABTS radical scavenging activity of oriental melon flesh according to harvest time in 2008 and 2009.**

Results are mean±S.D. from three replications.

### 환원력 측정 결과

FRAP 실험 방법은 Fe<sup>3+</sup>를 Fe<sup>2+</sup>로 환원시킬 때 발생하는 청색 파장을 측정하여 환원력을 계산하는 방법(Yoo et al. 2007)으로 수확시기에 따른 참외의 부위별 환원력을 측정 한 결과 수확시기별 껍질, 과육, 태좌 부위에서 2008년



**Figure 4. Change in ABTS radical scavenging activity of oriental melon placenta according to harvest time in 2008 and 2009.**

Results are mean±S.D. from three replications.

력을 보여주었지만 껍질에 비해 감소의 폭은 다소 낮았다 (Figure 5, 6, 7). 환원력 측정 결과는 ABTS 라디칼 소거활성의 결과와 일치하는 것으로 나타났다. 이는 대부분의 항산화제가 환원력을 가지고 있다는 결과와 일치하였다 (Bakasso et al. 2008).

**수확시기 기상환경이 기능성성분 및 항산화능에 미치는 영향에 대한 상관관계 분석**

2008년 2009년 참외의 수확시기 기상환경(강수량, 일사량)과 기능성 성분 및 항산화 활성 간의 상관관계를 조사한 결과 일사량과 껍질의 기능성 성분 및 항산화 활성은 고도로 유의한 상관관계를 보여주었고 과육 및 태좌 또한 2009년의 경우 일사량과 높은 상관관계를 보여주었으나 2008년의 경우 상관관계가 낮은 것을 고려할 때 과육 및 태좌의

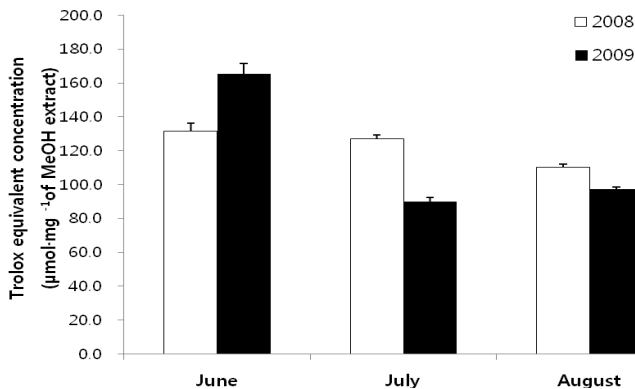
**Table 3. Correlation coefficient between weather conditions, functional constituents, and antioxidant activities.**

	2008					2009				
	RF	TSR	TP	TF	ABTS	RF	TSR	TP	TF	ABTS
Peel										
TSR	-0.398 <sup>NS</sup>					-0.655 <sup>NS</sup>				
TP	-0.849 <sup>**</sup>	0.816 <sup>**</sup>				-0.851 <sup>**</sup>	0.955 <sup>***</sup>			
TF	-0.343 <sup>NS</sup>	0.998 <sup>***</sup>	0.969 <sup>***</sup>			-0.735 <sup>*</sup>	0.994 <sup>***</sup>	0.982 <sup>***</sup>		
ABTS	-0.125 <sup>NS</sup>	0.960 <sup>***</sup>	0.992 <sup>***</sup>	0.975 <sup>***</sup>		-0.888 <sup>**</sup>	0.929 <sup>**</sup>	0.997 <sup>***</sup>	0.964 <sup>***</sup>	
FRAP	-0.238 <sup>NS</sup>	0.986 <sup>***</sup>	0.813 <sup>**</sup>	0.994 <sup>***</sup>	0.993 <sup>***</sup>	-0.619 <sup>NS</sup>	0.999 <sup>***</sup>	0.939 <sup>***</sup>	0.987 <sup>***</sup>	0.911 <sup>***</sup>
Flesh										
TSR	-0.398 <sup>NS</sup>					-0.655 <sup>NS</sup>				
TP	-0.971 <sup>***</sup>	0.166 <sup>NS</sup>				-0.809 <sup>**</sup>	0.974 <sup>***</sup>			
TF	-0.959 <sup>***</sup>	0.642 <sup>NS</sup>	0.862 <sup>**</sup>			-0.703 <sup>*</sup>	0.997 <sup>***</sup>	0.957 <sup>***</sup>		
ABTS	-0.991 <sup>***</sup>	0.518 <sup>NS</sup>	0.929 <sup>***</sup>	0.988 <sup>***</sup>		-0.781 <sup>*</sup>	0.995 <sup>***</sup>	0.948 <sup>***</sup>	0.999 <sup>***</sup>	
FRAP	-0.955 <sup>***</sup>	0.653 <sup>NS</sup>	0.855 <sup>**</sup>	0.999 <sup>***</sup>	0.986 <sup>***</sup>	-0.718 <sup>*</sup>	0.998 <sup>***</sup>	0.962 <sup>***</sup>	0.999 <sup>***</sup>	0.999 <sup>***</sup>
Placenta										
TSR	-0.398 <sup>NS</sup>					-0.655 <sup>NS</sup>				
TP	-0.900 <sup>***</sup>	0.758 <sup>*</sup>				-0.904 <sup>***</sup>	0.916 <sup>***</sup>			
TF	-0.670 <sup>*</sup>	0.947 <sup>***</sup>	0.927 <sup>***</sup>			-0.893 <sup>**</sup>	0.925 <sup>***</sup>	0.999 <sup>***</sup>		
ABTS	-0.983 <sup>***</sup>	0.562 <sup>NS</sup>	0.965 <sup>***</sup>	0.797 <sup>**</sup>		-0.813 <sup>**</sup>	0.972 <sup>***</sup>	0.984 <sup>***</sup>	0.988 <sup>***</sup>	
FRAP	-0.993 <sup>***</sup>	0.501 <sup>NS</sup>	0.944 <sup>***</sup>	0.752 <sup>*</sup>	0.997 <sup>***</sup>	-0.693 <sup>*</sup>	0.998 <sup>***</sup>	0.935 <sup>***</sup>	0.943 <sup>***</sup>	0.983 <sup>***</sup>

RF, rainfall; TSR, total solar radiation; TP, total phenol; TF, total flavonoid; <sup>NS</sup>, <sup>\*</sup>, <sup>\*\*</sup>, and <sup>\*\*\*</sup> indicate non-significant or significant at 5%, 1%, and 0.1% respectively.

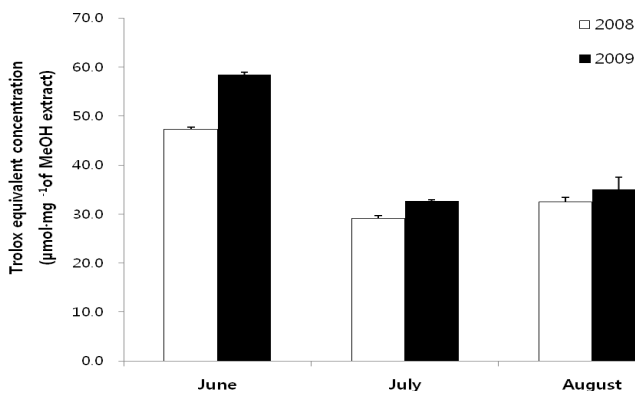
6월에 각각 131.4 µmol, 47.3 µmol, 55.8 µmol으로 측정되었고, 2009년도 역시 6월에 165.6 µmol, 58.5 µmol, 68.3 µmol으로 측정되어 가장 높은 환원력을 보여주었다. 2008년 껍질을 제외한 과육, 태좌 모든 부위에서 7월에 가장 낮은 환원

경우는 일사량보다 강우량이 큰 영향을 미칠 것으로 사료된다. 기능성 성분과 항산화 활성 간에는 고도로 유의한 상관관계를 보여주어 참외의 항산화 활성을 나타내는 물질은 페놀성 물질과 플라보노이드 물질일 것으로



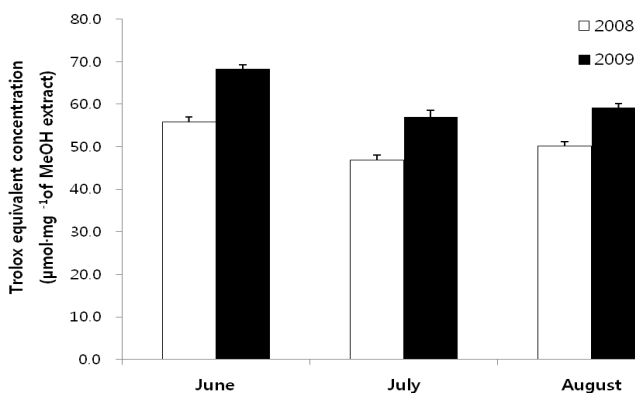
**Figure 5. Change in ferric reducing antioxidant power of oriental melon peel according to harvest time in 2008 and 2009.**

Results are mean±S.D. from three replications.



**Figure 6. Change in ferric reducing antioxidant power of oriental melon flesh according to harvest time in 2008 and 2009.**

Results are mean±S.D. from three replications.



**Figure 7. Change in ferric reducing antioxidant power of oriental melon placenta according to harvest time in 2008 and 2009.**

Results are mean±S.D. from three replications.

생각된다. 이는 참외 추출물의 라디칼 소거 활성과 페놀성 물질 간에 높은 상관관계가 있었다고 보고된 것과 일치하는 결과이다(Kim et al. 2009b). 참외는 수확시기에 따라 총 페놀, 총 플라보노이드의 함량이 유의하게 달랐으며 이에 따라 항산화 활성도 다르게 나타났다.

본 실험결과 참외의 기능성 성분과 항산화 활성은 수확시기에 따른 기상환경에 큰 영향을 받으며 참외의 주요 수확시기 중 일사량이 높고 강우량이 적은 6월에 가장 기능성 성분 함량 및 항산화 활성이 높았다. 최근 참외의 주 출하시기가 3, 4, 5월로 당겨짐에 따라 이에 대한 비교 분석연구가 추후 필요할 것으로 사료된다.

## 요 약

수확시기에 따른 참외 부위별 항산화 활성과 기능성 성분의 변화를 측정하기 위해 본 연구를 실시하였다. 참외를 2년에 걸쳐 주요 수확시기(6월, 7월, 8월)별로 수확하여 껍질, 과육, 태좌 세 부분으로 나눈 다음 에탄올로 추출하여 항산화 활성 및 기능성 성분 함량을 측정하였다. 기능성 성분 함량을 측정한 결과 2008, 2009년 껍질, 과육, 태좌 모든 부위에서 총 페놀, 총 플라보노이드 함량이 6월에 수확한 경우 가장 높았고, 2008년 껍질을 제외한 나머지 부위에서는 7월에 수확한 참외에서 기능성분 함량이 가장 낮았다. ABTS와 FRAP를 이용한 항산화 실험 결과도 마찬가지로 6월에 수확한 참외의 모든 부위가 강한 항산화 활성을 보여주었고, 7월에는 활성이 급격히 떨어지는 것을 확인할 수 있었다. 이상의 연구결과로 6월에 수확하는 참외가 기능성분 함량이 높고 품질이 좋은 건강 참외임을 알 수 있었다. 수확시기에 따라 기능성 성분과 항산화 활성이 변화하는 연구결과는 제철 과일의 우수성을 보여주는 기초 자료로 이용될 수 있을 것이다.

주요 추가어 : 항산화, 수확환경, 참외, 총 페놀, 총 플라보노이드

## 인용문헌

- Anagnostopoulou MA, Kefalas P, Papageorgiou VP, Assimopoulou AN, Boskou D (2006) Radical scavenging activity of various extracts and fractions of sweet orange peel (*Citrus sinensis*). *Food Chem* 94:19-25.
- Bakasso S, Lamien-Meda A, Lamien CE, Kiendrebeogo M, Millogo J, Ouedraogo AG, Nacoulma OG (2008) Polyphenol contents and antioxidant activities of five indigofera species (fabaceae) from burkina faso. *Pakistan J. Biol. Sci.* 11:1429-1435.
- Benzie IF, Strain JJ (1996) The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal. Biochem* 239:70-76.

- Berli F, D'Angelo J, Cavagnaro B, Bottini R, Wuilloud R, Silva MF (2008) Phenolic composition in grape (*Vitis vinifera* L. cv. Malbec) ripened with different solar UV-B radiation levels by capillary zone electrophoresis. *J. Agric. Food Chem* 56:2892-2898.
- Brosché M, Strid Å (2003) Molecular events following perception of ultraviolet-B radiation by plants. *Physiol. Plant.* 117:1-10.
- Cha JY, Cho YS (2001) Biofunctional activities of citrus flavonoids. *J. Kor. Soc. Agric. Chem Biotechnol.* 44:122-128.
- Choi SR, You DH, Kim JY, Park CB, Kim DH, Ryu J, Choi DG, Park HM (2009) Antioxidant activity of methanol extracts from *Cudrania tricuspidata* Bureau according to harvesting parts and time. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 17:335-340.
- Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH (2002) Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem* 50:3010-3014.
- Giuntini D, Lazzeri V, Calvenzani V, Dall'Asta C, Galaverna G, Tonelli C, Petroni K, Ranieri A (2008) Flavonoid profiling and biosynthetic gene expression in flesh and peel of two tomato genotypes grown under UV-B-depleted conditions during ripening. *J. Agric. Food Chem* 56:5905-5915.
- Kang MH, Oh MK, Bang JK, Kim DH, Kang CH, Lee BH (2000) Varietal difference of lignan contents and fatty acids composition in Korean sesame cultivars. *Kor. J. Crop Sci.* 45:203-206.
- Kelly W, Wu X, Liu RH (2003) Antioxidant activity of apple peels. *J. Agric. Food Chem* 51:609-614.
- Kequan Z, Yu L (2006) Total phenolic contents and antioxidant properties of commonly consumed vegetables grown in Colorado. *LWT.* 39:1155-1162.
- Kim HS, Ku KM, Suh JK, Kang YH (2009a) Quinone reductase inductive activity and growth inhibitory effect against hepatoma cell of oriental melon extract. *J. Bio-Env. Con.* 18:448-453.
- Kim HS, Hong MJ, Kang IY, Jung JY, Kim HK, Shin YS, Jun HJ, Suh JK, Kang YH (2009b) Radical scavenging activities and antioxidant constituents of oriental melon extract. *J. Bio-Env. Con.* 18:442-447.
- Kim YD, Mahinda S, Koh KS, Jeon YJ, Kim SH (2009) Reactive oxygen species scavenging activity of Jeju native citrus peel during maturation. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 38:462-469.
- Lata B, Przeradzka M, Binkowska M (2005) Great differences in antioxidant properties exist between 56 apple cultivars and vegetation seasons. *J. Agric. Food Chem* 53:8970-8978.
- Lee JS, Baeg GY, Sin YA, Park SH, Jeong ST, Hwang JH (2004) Effect of soil waterlogging at three developmental stages on growth, fruit yield and physiological responses of oriental melon (*Cucumis melon* L. var. makuwa Makino). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 22:1-6.
- Lewis CE, Walker JR, Lancaster JC, Shtton KH (1998) Determination of anthocyanins, flavonoids and phenolic acids in potatoes. *J. Sci. Food Agric.* 77:58-63.
- Lihu Y, Caffin N, D'Arcy B, Jiang Y, Shi J, Singanusong R, Liu X, Datta N, Kakuda Y, Xu Y (2005) Seasonal variations of phenolic compounds in Australia-grown tea (*Camellia sinensis*). *J. Agric. Food Chem* 53:6477-6483.
- Maeda K, Kimura S, Demura T, Takeda J, Ozeki Y (2005) DcMYB1 acts as a transcriptional activator of the carrot phenylalanine ammonia-lyase gene (DcPAL1) in response to elicitor treatment, uv-b irradiation and the dilution effect. *Plant Mol. Biol.* 59:739-752.
- Manthey JA, Perkins-Veazie P (2009) Influences of harvest date and location on the levels of beta-carotene, ascorbic acid, total phenols, the in vitro antioxidant capacity, and phenolic profiles of five commercial varieties of mango (*Mangifera indica* L.). *J. Agric. Food Chem* 57:10825-10830.
- Ministry of agriculture and forestry (MAF). (2006) *Crop statistic.* pp3-5.
- Moon GS, Ryu BM, Lee MJ (2003) Components and antioxidative activities of buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Kor. J. Food Sci. Technol.* 35:493-498.
- Mpofu A, Sapirstein HD, Beta T (2006) Genotype and environmental variation in phenolic content, phenolic acid composition, and antioxidant activity of hard spring wheat. *J. Agric. Food Chem* 54:1265-1270.
- Park KW (1981) Einflüsse von jahreszeit, nährstoffangebot und erntetermin auf qualität des rettichs (*Raphanus sativus* L. var. niger (Mill.) S. Kerner). PhD Diss., Technische universität munchen, *Weihenstephan*, pp. 84-108 (in German).
- Park SD, Shin YS, Bae SG, Seo YJ, Yeon IK, Do HW (2004) Collection of cultivation of oriental melon. Seongju fruit vegetable experiment station.
- Park SJ, Park WJ, Lee BC, Kim SD, Kang MH (2006) Antioxidative activity of different species *Lycium chinensis* Miller extracts by harvest time. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 35:1146-1150.
- R.D.A. (1993) Agriculture and livestock criterion profit. *Press of RDA* pp. 10-13.
- Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M,

- Rice-Evans C (1999) Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radic. Biol. Med.* 26:1231-1237.
- Shin YS, Park SD, Do HW, Bae SG, Kim JH, Kim BS (2005) Effect of double layer nonwoven fabrics on the growth, quality and yield of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *makuwa* Makino) under vinyl house. *J. Bio-Env. Con.* 14:22-28.
- Shin YS, Kweon YI, Choi JK, Choi SK, Choi BS (2000) Effect of waterlogging during fruit enlargement on the quality and yield of oriental melon (*Cucumis melo* L. var. *Makuwa* Mak.). *J. Bio-Env. Con.* 9:141-145.
- Suh DW (1999) The factors of fermentation in oriental melons. *Hort. Ind. Sci.* 3:20-33.
- The agricultural weather information. 2008-2009. R.D.A.
- Wolfe KX, Wu X, Liu RH (2003) Antioxidant activity of apple peels. *J. Agric. Food Chem.* 51:609-614.
- Yon M, Hyun TH (2003) Folate content of foods commonly consumed in Korea measured after trienzyme extraction. *Nutr. Res.* 23:735-746.
- Yoo KM, Kim DO, Lee CY (2007) Evaluation of different methods of antioxidant measurement. *Food Sci. Biotechnol.* 16:177-182.