

## 과채류의 항산화 활성에 미치는 열처리 효과

김현영 · 우관식 · 황인국 · 이연리 · 정현상\*

충북대학교 식품공학과

### Effects of Heat Treatments on the Antioxidant Activities of Fruits and Vegetables

Hyun Young Kim, Koan Sik Woo, In Guk Hwang, Youn Ri Lee, and Heon Sang Jeong\*

Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University

**Abstract** The effects of heat treatments on the antioxidant activities of selected fruits and vegetables were investigated by heating at various temperatures (110, 120, 130, 140, and 150°C) for 2 hr. The examined fruits and vegetables included tomatoes (*Lycopersicon esculentum*), oriental melon (*Cucumis melon* var. *makuwa*), apples (*Malus pumila* Miller var. *domestica* Schneider), melon (*Cucumis melon*), watermelon (*Citrullus vulgaris*), and banana (*Musa sapientum*). The total polyphenol and total flavonoid contents of the juices from heated samples were quantified spectrophotometrically, and their antioxidant activities were determined using DPPH and ABTS radicals. As the heating temperature increased, antioxidant activity also increased. The highest total polyphenol content (2.80 mg/g) occurred in the oriental melon with heating at 150°C, and this value was 7 times higher than that of the untreated oriental melon (0.40 mg/g). The highest total flavonoid content (148.80 µg/g) occurred in the melon heat treated at 150°C, and this value was 37 times higher than that of the untreated melon (4.54 µg/g). DPPH radical-scavenging activity was the highest in the watermelon treated at 150°C (84.37%, 0.50 mg/g), and this value was 40 times higher than that of the untreated watermelon. Finally, the highest ascorbic acid (AA) equivalent antioxidant capacity (AEAC) value (239.50 mg AA eq/g) was obtained in the watermelon heat treated at 150°C for 2 hr (control = 18.35 mg AA eq/g).

**Key words:** heat treatment, fruits and vegetables, polyphenol, flavonoid, antioxidant activity

## 서 론

과일과 채소에는 비타민과 무기질이 풍부하여 식생활에서 주 식의 영양적 결핍을 보충할 수 있을 뿐만 아니라 당과 유기산을 많이 함유하여 다양한 형태로 섭취되고 있다. 과채류에는 anthocyan, carotenoid 및 flavonoid 등의 색소 성분이 많아 기호성을 향상시키며, ascorbic acid를 비롯한 비타민류와 무기질이 많아 칼칼리성 식품으로 혈액을 중성으로 유지시켜 주는 기능을 가지고 있다. 과채류에 다량 함유되어 있는 페놀성 물질은 phenolic hydroxyl기로 인하여 단백질 또는 효소 단백질, 기타 거대분자와 결합하는 성질, 항산화 효과 그리고 2가 금속이온과의 결합력을 가지며, 수산기를 통한 수소공여와 페놀 고리 구조의 공명 안정화에 의한 항산화 능력을 나타내는 것으로 보고되었다(1).

식품에 있어 열처리 가공은 일반적으로 저장수명을 연장하고 식품의 품질을 향상시키기 위하여 사용되고 있지만 열처리 가공 중 영양소의 파괴 및 생리활성물질의 손실 등의 문제점들을 가지고 있다. 그러나 최근 연구에서는 과채류 등을 열처리할 경우

다양한 이화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가한다는 연구 결과가 발표되면서 이와 관련된 많은 연구가 진행되고 있다(2-11). 열처리에 관한 연구를 살펴보면 김, 미역 및 다시마를 고온에서 열처리함으로써 기능성을 높이려는 연구가 시도되었으며(2), 토마토를 열처리할 경우 총 항산화 활성이 유의적으로 증가한다는 연구결과가 보고되었다(3). 또한 표고버섯을 열처리할 경우 열처리온도와 시간이 증가할수록 항산화 활성이 유의적으로 증가하며(4), 인삼(5), 감초(6), 한국산 배(7), 마늘(8), sweet corn(9) 및 citrus peels(10) 등의 열처리 시 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 증가하여 항산화 활성이 증가한다고 보고하였다. 또한 배추즙액을 고압으로 가열할 경우 가열 온도가 높고 가열 시간이 길수록 미생물생육 억제 물질의 생성이 증가한다고 보고(11)되는 등 최근 열처리 관련 연구들은 활발하게 진행되고 있지만 과채류에 대한 고온고압 열처리 시의 이화학적변화에 대한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 열처리온도가 몇 가지 과채류의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량 변화에 미치는 영향을 살펴보고 열처리 전과 후의 항산화 활성의 변화를 비교하여 열처리효과를 평가하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 멜론(*Cucumis melon*), 사과(*Malus pumila*)

\*Corresponding author: Heon Sang Jeong, Department of Food Science and Technology, Chungbuk National University, 12 Gaeshindong, Heungduk-gu, Cheongju, Chungbuk 361-763, Korea  
Tel: 82-43-261-2570  
Fax: 82-43-271-4412  
E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr  
Received October 9, 2007; accepted January 18, 2008

Miller var. *domestica* Schneider), 토마토(*Lycopersicon esculentum*), 참외(*Cucumis melon* var. *makuwa*) 및 수박(*Citrullus vulgaris*)은 2006년 국내에서 생산된 것으로 충북 청주시 농협물류센터에서 구입하였으며, 바나나(*Musa sapientum*)는 필리핀산으로 대형 할인 마트에서 구입하여 사용하였다. 모든 과채류는 가식부위만을 세절하여 20 mL 용기에 5g씩 넣은 후 밀봉하여 열처리하였다.

### 열처리

열처리장치는 10 kg/cm<sup>2</sup> 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안, 제작된 장치(Jisico, Seoul, Korea)를 사용하였으며, 시료는 내부용기에 담겨진 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 뚜껑을 밀봉한 다음 외부용기를 온도조절장치에 넣고 정해진 온도와 시간에 따라 가열됨으로써 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계하였다. 열처리온도와 시간은 선행연구(5-8)를 통하여 성분 및 항산화 활성 변화가 많이 발생하는 110, 120, 130, 140 및 150°C로 설정하였고, 열처리시간은 2시간으로 설정하였다. 열처리하지 않은 시료를 대조구로 하였으며, 모든 실험은 3회 반복하였다.

### 추출물제조 및 추출수율 측정

열처리 시료 중에 함유된 유용성분을 추출하기 위하여 열처리 시료 5 g에 70% methanol 100 mL를 가하고 70°C에서 2시간 동안 2회 환류추출한 다음 감압여과하여 불용성물질을 제거하였다. 추출물은 회전진공농축기(EYELA N-1000, Tokyo, Japan)로 40°C에서 농축하여 용매를 완전히 제거한 다음 초기시료와의 중량 비로 추출수율을 계산하였고 일정량의 증류수로 정용하여 분석용 시료로 사용하였다.

### 총 폴리페놀 측정

열처리 시료 추출물 중의 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(12)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 측정하였다. 즉, 각 추출물 100 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 용액 2 mL를 가한 후 3분 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. 실온에서 30분 방치 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 tannic acid(Sigma Aldrich, St. Louis, MO, USA)를 5, 10, 25 및 50배로 희석하여 사용하였으며, 검량선 작성 후 총 폴리페놀 함량은 시료 100 g 중의 mg tannic acid로 나타내었다. 열처리하지 않은 원료시료를 대조구로 사용하였다.

### 총 플라보노이드 함량

각각의 열처리조건에서 처리된 과채류의 총 플라보노이드 함량은 Dewanto 등(12)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 추출물 250 µL에 증류수 1 mL와 5% NaNO<sub>2</sub> 75 µL를 가한 다음, 5분 후 10% AlCl<sub>3</sub> 6H<sub>2</sub>O 150 µL를 가하여 6분 방치하고 1 N NaOH 500 µL를 가하였다. 반응 11분 후 반응액의 흡광도 값을 510 nm에서 측정하였다.

### DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl)에 의한 전자공여능 측정

열처리된 추출물의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl, Sigma Aldrich)에 의한 전자공여능(electron donating ability, EDA)은 Choi 등(13)의 방법에 따라 측정하였다. 즉, 0.2 mM DPPH 용액(ethanolic solution) 0.8 mL에 시료 0.2 mL를 첨가한 후 실온에서

30분 방치하여 520 nm에서 흡광도 감소치를 측정하였다. 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

### ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력

총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(9)에 의하여 측정하였다. 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS, Sigma Aldrich) 7.4 mM과 2.6 mM의 potassium persulphate을 하루 동안 암소에서 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4가 되도록 물의 흡광계수( $\epsilon=3.6 \times 10^4 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$ )를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 ABTS 용액 1 mL에 추출액 50 µL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid(Sigma Aldrich)를 동량 첨가하였다. 총항산화력은 ascorbic acid에 해당하는 항산화력(AEAC)으로 나타내었다.

### 통계분석

실험결과에 대한 통계분석은 SAS program(SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석을 실시한 후 Duncan의 다중검정을 실시하여, 상관관계를 분석하였다.

## 결과 및 고찰

### 총 폴리페놀 함량

각각의 열처리온도에서 시료의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 2에서 보는 바와 같이 열처리온도가 증가함에 따라 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 낮은 열처리온도보다 140 및 150°C의 높은 온도로 처리할 경우 폴리페놀 함량이 크게 나타났으며, 특히 참외, 수박 및 멜론이 높은 함량을 나타내었다. 수박과 참외의 경우 무처리에서 폴리페놀 함량이 각각 0.07 및 0.40 mg/g의 함량을 나타내었지만 150°C 열처리 시 각각 2.60 및 2.80 mg/g으로 다른 시료보다 크게 증가하였다. 토마토, 사과 및 바나나의 경우 무처리 시 총 폴리페놀 함량은 각각 0.33, 0.82 및 0.123 mg/g이었으며, 열처리온도가 증가할수록 증가하여 140°C에서는 각각 2.02, 2.28 및 1.55 mg/g을 나타내었으나 150°C 처리에서는 오히려 감소하는 경향을 나타내었다. Hwang 등(7)의 연구에 의하면 열처리 배의 총 폴리페놀 함량은 무처리 시 0.23 mg/g이었지만 열처리조건에 따라 0.62 mg/g에서 3.34 mg/g으로 증가하였다고 보고되었으며, peanut hulls를 고온에서 볶음처리하였을 때 열처리시간이 증가할수록 총 폴리페놀 함량이 증가하는 연구(14) 결과로 미루어 볼 때 열처리에 따른 총 폴리페놀 함량의 증가는 단백질과 결합된 고분자의 페놀성화합물이 열처리에 의해 저분자의 페놀성화합물로 전환되었거나, 열처리에 의해 이들 페놀화합물의 결합이 파괴 또는 고온고압상태에서 새로운 페놀화합물이 생성되었기 때문이라 생각된다. 여기서 150°C 열처리 시 총 폴리페놀 함량이 감소한 것은 탄화에 의한 것으로 생각되며, 이 부분에 대해서는 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 상관관계 분석 결과(Fig. 1) 총 폴리페놀 함량이 증가할수록 항산화 활성(EDA % 및 AEAC)이 증가하는 양의 상관관계( $p < 0.001$ )를 나타내었다.

### 총 플라보노이드 함량

각각의 온도에서 열처리한 과채류의 총 플라보노이드 함량은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 열처리온도가 증가할수록 증가하였다( $p < 0.05$ ). 특히 140°C 및 150°C에서 열처리한 경우 6가지 과채류

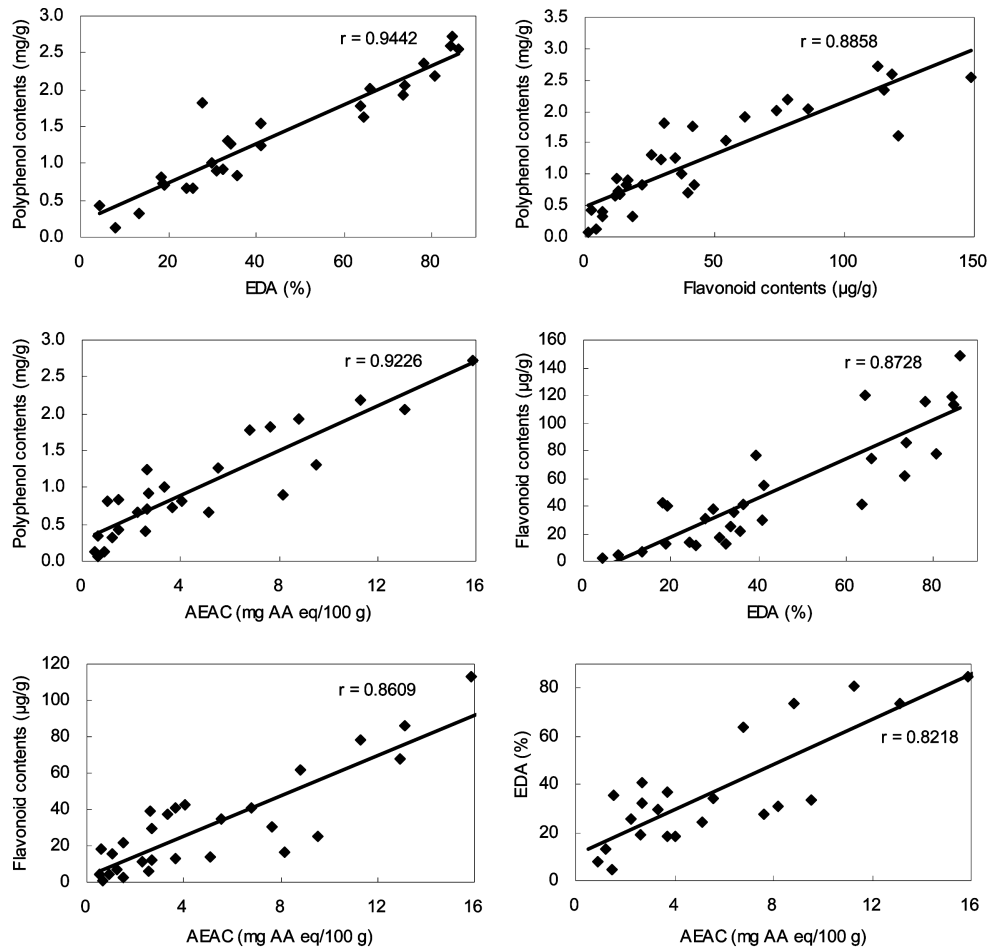


Fig. 1. Correlation among polyphenol content, flavonoid content, antioxidant activity (EDA %) and total antioxidant activity (AEAC) on the heated some fruits and vegetables.

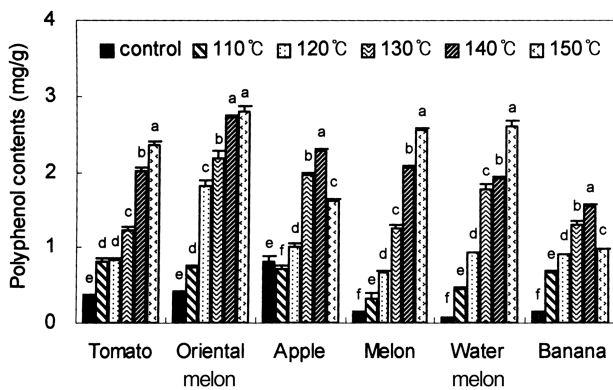


Fig. 2. Changes of total polyphenol contents of fruits and vegetables with heating temperatures. Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

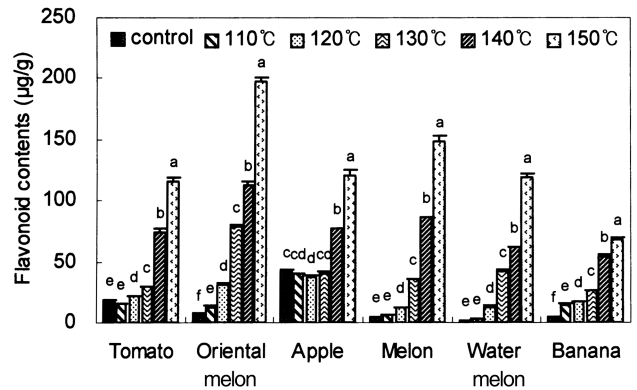


Fig. 3. Changes of total flavonoid contents of fruits and vegetables with heating temperatures. Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

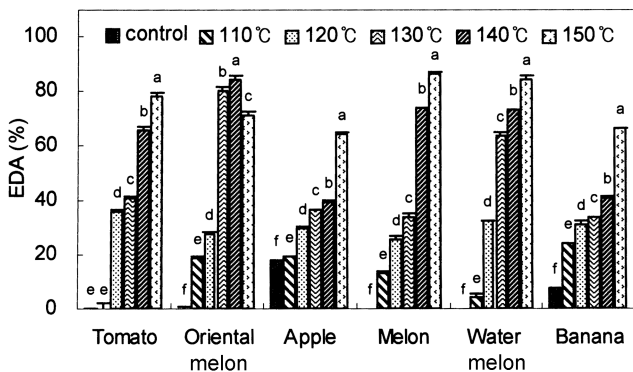
가 모두 무처리보다 많은 증가를 나타내었다. 참외의 경우 무처리에서는 6.45 µg/g이었지만, 150°C 열처리 시 198.20 µg/g으로 무처리보다 약 30배 증가하였다. 사과와 멜론의 경우 무처리에서는 42.35 µg/g이었지만, 130°C까지는 40.89 µg/g으로 오히려 약간의 감소를 보이다가 그 이후에는 다시 증가하여 150°C에서는 120.54 µg/g의 함량을 나타내었다. 또한 무처리 수박에서는 1.04 µg/g이었

지만 150°C 처리 시 그 함량이 118.36 µg/g으로 크게 증가하였다. Yang 등(5)의 연구에 의하면 열처리조건에 따른 인삼의 총 플라보노이드 함량에서 무처리는 0.39 mg/g이었지만 열처리조건에 따라 0.42 mg/g에서 최고 4.75 mg/g까지 증가하였다는 연구결과와 Kwon 등(8)의 생마늘의 총 플라보노이드 함량은 32.06 µg/g

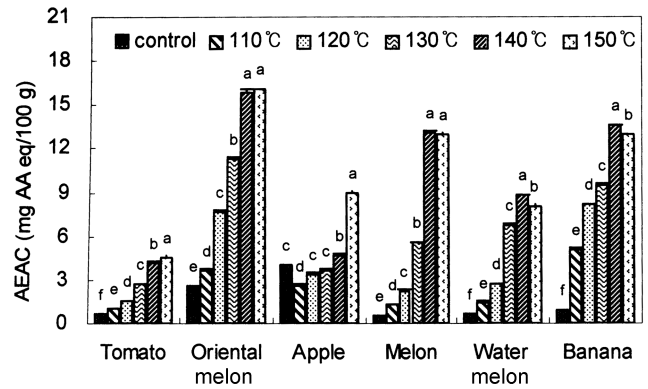
g이었으나 150°C, 1시간 열처리한 마늘에서 532.73 µg/g으로 증가하였다는 결과로 볼 때 총 폴리페놀의 증가에서와 마찬가지로 열처리에 의해 플라보노이드 물질이 증가한 것으로 생각되며, 이에 대한 많은 연구가 필요하리라 생각된다. 총 플라보노이드 함량과 항산화 활성과의 상관관계 분석 결과(Fig. 1), 총 플라보노이드 함량이 증가할수록 항산화 활성(EDA 및 AEAC)이 증가하는 양의 상관관계( $p < 0.001$ )를 나타내었다.

**DPPH assay에 의한 항산화 활성**

열처리한 과채류 추출물의 DPPH 라디칼을 이용한 전자공여능(EDA %)을 측정된 결과는 Fig. 4에서 보는 바와 같이 열처리온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 토마토, 참외, 멜론 및 수박의 경우 무처리에서 항산화 활성이 거의 나타나지 않았지만 열처리 시 수박의 경우 150°C 열처리 추출물 500 µg/mL의 농도에서 84.37%로 110°C 열처리의 4.47%에 비해 크게 증가하였다. 바나나는 무처리에서 7.83%(500 µg/mL)이었지만 150°C 처리에서는 66.07%로 다른 5가지의 과채류보다 항산화 활성의 증가폭이 작게 나타났다. 참외의 경우 110°C에서 140°C까지는 EDA값은 18.63-84.52%로 열처리온도가 증가할수록 항산화 활성이 증가하였지만 150°C에서는 71.09%로 오히려 감소하는 것으로 나타나 150°C의 고온으로 처리할 경우 유효성분들이 많이 파괴되는 것으로 생각된다. 항산화 활성을 측정된 결과, 각각의 처리에서 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량이 높은 처리가 항산화 활성도 높은 경향을 보였으며(Fig. 1), 이는 페놀화합물은 항산화 활성을 나타내는 대표적인 화합물로 열처리에 따른 페놀화합물의 증가로 항산화효과가 증가되었을 것으로 생각된다. 이러한 연구결과는 열처리 인삼(5)에서도 보고되었는데 무처리 인삼의 IC<sub>50</sub>값은 17.68 mg/g으로 매우 높았으나 열처리조건에 따라 4.72 mg/g에서 최저 0.22 mg/g의 분포를 나타내었으며, 열처리 시 마이알 반응에 의해 항산화 활성을 가진 물질이 형성되어 항산화효과가 증가되었을 것(15)으로 생각된다. 또한 Choi 등(4)과 Turkmen 등(16)의 연구에서 식물체를 열처리할 경우 결합형의 폴리페놀 성분이 유리형으로 전환되어 활성이 증가한다고 보고한 것과 같이 과채류를 열처리할 경우 유리형의 페놀화합물이 증가하여 항산화효과가 증가하였을 것으로 생각되고 또한 고온고압 상태에서 새로운 화합물이 생성되었기 때문이라고 생각된다.



**Fig. 4. Changes of antioxidant activity (EDA %) of fruits and vegetables with heating temperatures.** The tested concentration was 0.5 mg/mL, respectively. Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.



**Fig. 5. Total antioxidant activity (AEAC) of fruits and vegetables with heating temperatures.** Any means in the same column followed by the same letter are not significantly ( $p < 0.05$ ) different by Duncan's multiple range test.

**ABTS cation decolorization assay에 의한 총 항산화력**

열처리 과채류 추출물의 항산화력(AEAC, ascorbic acid equivalent antioxidant activity)를 측정된 결과는 Fig. 5에서 보는 바와 같이 무처리보다 열처리온도가 증가할수록 AEAC값이 증가하였다( $p < 0.05$ ). 열처리 토마토 추출물의 경우 150°C 열처리 시 4.59 mg AA eq/100g으로 무처리의 0.61 mg AA eq/100g보다 많은 증가를 보였으며, 멜론과 수박의 경우도 무처리에서 각각 0.51 및 0.64 mg AA eq/100g이었으나 140°C 열처리에서 각각 13.13 및 8.81 mg AA eq/100g으로 총 항산화력이 증가하였다. 6종류의 과채류 중 총 항산화력이 가장 높은 것은 참외로 150°C 열처리 시 16.06 mg AA eq/100 g을 나타내었는데 이러한 현상은 열처리온도의 증가에 따라 항산화효과를 나타내는 폴리페놀 함량이 증가되었기 때문이라 생각된다. Woo 등(6)의 연구에서는 열처리 감소초의 경우 120°C, 2시간 처리한 시료에서 2,112 mg AA eq/100 g으로 무처리의 1,920 mg AA eq/100g보다 증가하였으며, 140°C, 2시간 처리에서도 2,036 mg AA eq/100 g으로 무처리보다 총 항산화력이 증가하였다고 보고하였는데 이러한 결과와 비교해 볼 때 열처리로 인한 과채류의 구성성분들이 분해 또는 중합되어 항산화물질들이 생성되면서, 총 폴리페놀 및 플라보노이드, 전자공여능 등이 증가하고 총 항산화력 역시 증가하는 것으로 생각된다.

**요 약**

열처리가 과채류의 유용성분 변화와 항산화 활성에 미치는 영향을 살펴보기 위하여 멜론, 사과, 토마토, 참외 및 수박을 시료로 110, 120, 130, 140 및 150°C에서 2시간 열처리한 후 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 그리고 전자공여능(EDA) 및 총항산화력(AEAC)을 측정하였다. 총 폴리페놀 함량은 6가지 과채류 모두 온도가 증가함에 따라 증가하였으며, 참외의 경우 무처리에서 0.40 mg/g이었던 것이 150°C에서는 2.80 mg/g으로 증가하였다. 총 플라보노이드 함량도 열처리온도의 증가에 따라 증가하였으며 무처리 멜론에서 4.54 µg/g이었던 것이 150°C에서는 148.80 µg/g으로 무처리 멜론보다 약 37배 이상 증가하였다. 또한 DPPH assay에서 항산화 활성은 열처리온도가 증가함에 따라 증가하였으며, 수박의 경우 110°C 처리에서는 4.52%(500 µg/mL)이었던 것이 150°C 처리에서 84.37%(500 µg/mL)로 증가하였다. 총 항산화력도 모든 열처리 시료에서 무처리 시료보다 높게 나타났으며, 무처리 멜론에서 0.51 mg AA eq/100g이었던 것이 150°C에서는

12.95 mg AA eq/100g으로 증가하였다.

## 감사의 글

본 연구는 충북대학교가 지원하는 2006년도 학술연구지원으로 얻어진 결과로 연구비를 지원해주신 충북대학교에 감사드립니다.

## 문 헌

1. Jeong SM, Son MH, Lee SC. A survey on contents of phenolic compounds of market fruit and vegetables juices. *J. Basic Sci.* 18: 117-123 (2003)
2. Jo JS, Do JR, Koo JG. Pretreatment conditions of *Porphyra-zeensis*, *Undaria pinnatifida* and *Laminaria religiosa* for functional alage-tea. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 275-280 (1998)
3. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. Thermal processing enhance the nutritional values of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 3010-3014 (2002)
4. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem.* 99: 381-387 (2006)
5. Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 521-525 (2006)
6. Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiz uralensis* Fisch) extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 355-360 (2006)
7. Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nskai) juice with heat treatment condition. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 342-347 (2006)
8. Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 331-336 (2006)
9. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
10. Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Jo SC, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J. Agric. Food Chem.* 52: 3389-3393 (2004)
11. Yildiz F, Westhoff D. Associative growth of lactic acid bacteria in cabbage juice. *J. Food Sci.* 46: 962-963 (1995)
12. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J. Agric. Food Chem.* 50: 4959-4964 (2002)
13. Choi Y, Kim MH, Shin JJ, Park JM, Lee J. The antioxidant activities of the some commercial teas. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 32: 723-727 (2003)
14. Lee SC, Jeong SM, Kim SY, Park HR, Nam KC, Ahn DU. Effect of far-infrared radiation and heat treatment on the antioxidant activity of water extracts from peanut hulls. *J. Agric. Food Chem.* 94: 489-493 (2006)
15. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lericri CR. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed food. *Trends Food Sci. Technol.* 11: 340-346 (2001)
16. Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. The effect of cooking methods total pheolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *J. Agric. Food Chem.* 93: 713-718 (2005)