



# 조리방법에 따른 채소류의 수용성 비타민 및 기능성 성분의 함량과 잔존율 변화

김윤정<sup>1</sup> · 김민주<sup>2</sup> · 강민정<sup>2</sup> · 최정민<sup>1</sup> · 김영화<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>경성대학교 식품생명공학과, <sup>2</sup>(주)휴롬 바이오식품연구소

## Alterations in the Content and True Retention of Water-soluble Vitamins and Bioactive Compounds in Vegetables, according to Different Cooking Methods

Yoonjeong Kim<sup>1</sup>, Minju Kim<sup>2</sup>, Min-Jung Kang<sup>2</sup>, Jung-Min Choi<sup>1</sup>, Younghwa Kim<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Biotechnology, Kyungsoong University

<sup>2</sup>Bio-Food Research Center, Hurom Co., Ltd.

### Abstract

This study examines the effects of different cooking methods (stir-frying, steaming, superheated-steaming) on the contents and the true retention of moisture, water-soluble vitamins, and bioactive compounds of ten selected vegetables: broccoli, brussels sprout, cabbage, eggplant, green bean, onion, red cabbage, red onion, squash, and tomato. The total color difference ( $\Delta E$ ) values were decreased after stir-frying the samples, except for eggplant, green bean, and tomato. The true retention of water-soluble vitamins ( $B_1$ ,  $B_2$ ,  $B_3$ , and C) was increased in most vegetables after superheated-steaming, as compared to steaming and stir-frying. Moreover, compared to the uncooked vegetables, a higher true retention of total polyphenol and flavonoid was obtained for most vegetables subsequent to superheated-steaming. Total anthocyanin content was detected only in eggplant, red cabbage, and red onion, and a smaller loss of anthocyanin was determined after subjecting red cabbage to superheated-steaming. Also, the free radical scavenging activities were higher in superheated-steaming vegetables, except in eggplant and squash. These results indicate that superheated-steaming induces a positive effect for retaining water-soluble vitamins and functional components of vegetables.

**Key Words:** Vegetables, cooking methods, water-soluble vitamins, bioactive compounds, true retention

## 1. 서 론

서구화된 식생활에 따른 육류 소비의 증가는 비만, 당뇨병 등 만성 질환의 증가를 야기하고 있기에 최근에는 건강관리를 위한 채소류 섭취에 대한 관심이 증가하는 추세이다(Suh et al. 2013). 한국인의 1인당 연간 채소 공급량은 2018년 기준 150.4 kg으로 전년보다 4.9% 증가하였고, 중국(347.8 kg)을 제외한 독일(93.1 kg), 브라질(51.5 kg) 등 유럽 및 북미 지역보다 상당히 높은 수준을 나타내었다(Kim & Hong 2019). 뿐만 아니라 현대인들의 생활수준 향상과 식생활 변화로 인해 웰빙(well-being)과 로하스(lifestyles of health and sustainability)에 대한 관심이 높아지면서, 생리활성 물질이 풍부한 채소류의 소비가 증가하고 있다(Ha et al. 2009; Lee et al. 2011). 또한 채소에 존재하는 phytochemical의 일종인 플라보노이드 및 페놀계 화합물은 항산화 활성이 우수하여 관상동맥질환이나 암을 예방하는 역할을 한다고 알려

져 있다(Kähkönen et al. 1999). 이전 연구에서는 브로콜리, 케일, 양배추 등의 십자화과 채소는 카로티노이드, 토코페롤, 아스코르빈산 등의 비타민과 페놀 및 플라보노이드 화합물을 높은 수준으로 함유하고 있어 산화 스트레스와 관련된 질병을 예방할 수 있는 항산화제로써 활용될 수 있다고 보고하였다(Kurilich et al. 1999). 뿐만 아니라 적양배추, 적양과, 가지 등의 적자색 채소에 풍부하게 함유된 안토시아닌의 항산화 및 항염증 활성도 보고되어 있다(Mizgier et al. 2016).

채소는 생것으로 섭취하기도 하지만, 우리나라에서는 일반적으로 데치기, 볶기, 찌기, 삶기 등의 방법으로 조리하여 섭취하는데, 이러한 조리과정에서 조직의 화학적인 변화가 발생하면서 수용성 비타민 및 phytochemical 등 생리활성물질의 생체이용률을 변화시키는 것으로 알려져 있다(Ahn 1999; Miglio et al. 2008). 이전 연구에서 채소류를 물과 함께 가열하였을 때 조리 전보다 총 페놀 함량이 감소되었고, 찌기, 삶기 등의 조리는 아스코르브산, 나이아신 등의 수용성 비타

\*Corresponding author: Younghwa Kim, Department of Food Science and Biotechnology, Kyungsoong University, Busan 48434, Republic of Korea  
Tel: +82-51-663-4652 Fax: +82-51-663-4709 E-mail: younghwakim@ks.ac.kr

민의 손실을 발생시켰다고 보고하였다(Rumm-Kreuter & Demmel 1990; Natella et al. 2010). 뿐만 아니라 채소의 수용성 비타민은 지용성 비타민에 비해 조리과정 중 열과 조리수에 더욱 영향을 받아 함량 변화가 큰 것으로 알려져 있다(Morales et al. 2014; Yuk et al. 2015; Lee et al. 2019). 과열증기(superheated-steaming)는 포화 수증기를 100°C 이상으로 가열하여 생성되는 고온의 수증기로, 증기가 식품 표면에 일정하게 분사되면서 조직 내부로의 침투가 증가하여 균일한 조리가 가능하다(Amatsubo et al. 2006). 과열증기의 이러한 특성은 식품의 건조, 조리 및 가공 분야의 연구에 널리 이용되어 왔으며, 여러 연구에서 과열증기 조리의 살균효과와 조직감, 색, 비타민, 생리활성물질 보존의 우수성을 보고하고 있다(Sotome et al. 2009; Kim et al. 2012; Zzaman et al. 2013). 이와 같이 과열증기를 활용한 조리법은 채소류의 조리에서 영양 및 기능성 성분의 보존에 우수한 방법으로 알려져 있기에 기존 채소류의 조리방법인 찜과 볶기를 실시한 채소류와 비교하여 수용성 비타민 및 기능성 성분의 함량과 잔존을 변화를 알아보려고 하였다.

조리하는 과정에서 변화하는 식품의 영양소 함량은 잔존율(true retention)을 통해 확인할 수 있는데, 잔존율이란 조리 전과 비교하여 조리 후에 식품에 남아있는 영양소를 비율로 나타낸 것이다(DE Sá & Rodriguez-Amaya 2004). Lim(1992) 결과에 따르면 시금치, 양배추, 실파를 찌기, 끓이기, 전자레인지, 압력 조리 했을 때 비타민 C는 전반적으로 찌기에서 높은 잔존율을 나타내었고, Wu et al.(2019)의 연구에서는 브로콜리를 찌기와 전자레인지 조리를 했을 때 총 플라보노이드는 90% 이상의 높은 잔존율을 나타내었다. 따라서 본 연구에서는 한국보건산업진흥원에서 조사한 2019년 국민건강영양조사의 연령별 섭취자료를 참고하여 한국인이 주로 섭취하는 채소 6 종류를 선정하였고, 4 종류(적양파, 적양배추, 방울양배추, 그린빈)의 색깔 채소를 추가하여 총 10가지의 채소류를 볶기, 찜, 과열증기로 조리하여 영양소 함량과 잔존을 변화를 알아보았다(KHIDI 2019).

## II. 연구내용 및 방법

### 1. 재료 및 시약

본 연구에서 사용한 10가지 채소류인 브로콜리(broccoli), 방울양배추(brussels sprout), 양배추(cabbage), 가지(eggplant), 그린빈(green bean), 양파(onion), 적양배추(red cabbage), 적양파(red onion), 애호박(squash), 토마토(tomato)는 부산광역시 남구의 대형 마트에서 구입하여 시료로 사용하였다. 본 연구에 사용한 수용성 비타민 표준품(thiamine hydrochloride, riboflavin-5'-adenosyldiphosphate, riboflavin-5'-phosphate, riboflavin, nicotinic acid, nicotinamide, L-ascorbic acid)과 항산화 실험에 사용한 2,2'-azino-bis (3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS), 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH),

Folin-Ciocalteu's reagent, catechin은 Sigma-Aldrich사(St. Louis, NO, USA)에서 구입하였으며, gallic acid는 Santa Cruz사(Santa Cruz Biotechnology Inc., Dallas, TX, USA)로부터 구입하였다. 비타민 분석의 이동상 조제에 사용한 methanol 및 3차 증류수는 high performance liquid chromatography (HPLC) grade의 Honeywell Burdick & Jackson사(Muskegon, MI, USA) 제품을 이용하였으며, 기타 표준품과 시약은 HPLC급 및 특급시약을 사용하였다.

### 2. 시료 전처리 및 조리방법

구입한 시료는 흐르는 물에 수세 후 자연 건조하여 물기를 제거한 후 비가식 부위를 제거하여 1 cm (가로, 세로, 높이)로 자른 후 조리하였다. 볶기(stir-frying)는 예열한 팬의 표면 온도가 170°C에 도달했을 때 기름 없이 10분간 조리하였고, 찜(steaming)은 증류수를 가열하여 발생한 증기를 이용하여 찜통에서 10분간 조리하였다. 과열증기 조리(superheated-steaming)는 과열찜기(SC-P01FMG Hurom, Gimhae-si, Korea)를 사용하여 120°C에서 고압의 과열증기로 조리하는 찜 모드로 10분간 조리하였다. 조리한 시료는 체에 건져 열기를 식힌 후 균질화 하여 소분한 뒤 -80°C에 보관하였다.

### 3. 조리수율 및 수분 함량

채소류의 조리수율(cooking yield)은 채소류의 조리 전과 후의 중량을 측정하여 구하였다. 수분함량은 식품공전(MFDS 2021a) 분석방법에 따라 105°C의 건조기를 이용하여 상압가열건조법으로 분석하였다.

$$\text{Moisture (\%)} = \frac{W_2 - W_3}{W_2 - W_1} \times 100$$

W<sub>1</sub>: 칭량접시의 중량(g)

W<sub>2</sub>: 시료+칭량접시의 중량(g)

W<sub>3</sub>: W<sub>2</sub>를 건조하여 항량이 되었을 때의 중량(g)

### 4. 색도 측정

색도는 채소류의 껍질부분을 dish에 일부 취하여 색차계(Chromameter CR-300, Minolta Co., Osaka, Japan)를 통해 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b)를 측정하였다. 시료 간의 색 차이를 나타내는 ΔE값은 아래의 식으로 계산하였다. 색차계의 보정은 표준 백색판(L=92.0, a=0.3137, b=0.3194)을 이용하였으며, 결과는 5회 반복하여 측정된 평균값으로 나타내었다.

$$\Delta E = \sqrt{\Delta L^2 + \Delta a^2 + \Delta b^2}$$

### 5. 비타민 B<sub>1</sub> 및 비타민 B<sub>3</sub> 함량 분석

채소류 10가지의 비타민 B<sub>1</sub> 및 비타민 B<sub>3</sub> 분석은 Kim et al.(2014)의 방법을 일부 수정하여 동시분석 하였다. 시료 약

3 g을 취하여 acetic acid 7.5 mL/L와 triethylamine 0.2 mL/L를 포함한 5 mM sodium 1-hexanesulfonate 용액을 50 mL 가한 뒤 40°C의 초음파 추출기(SD350H, Sungdong Ultrasonic Co., Seoul, Korea)에서 30분간 추출하였다. 추출 용액의 2 mL를 15,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 0.2 µm syringe filter (GHP, Acrodisc, Waters Co., Milford, USA)로 여과하여 HPLC (Hitachi 5000 Chromaster, Hitachi Ltd., Tokyo, Japan)로 분석하였다. 분석용 컬럼은 YMC-Pack ODS AM (250 mm×4.6 mm, 5 µm, YMC Korea Co., Seongnam, Korea)을 사용하였고, 컬럼 온도는 40°C로 설정하였다. 분석 파장은 270 nm로 diode array detector에서 측정하였으며, 이동상은 0.8 mL/min 유속의 기울기 용리(gradient elution) 조건으로 분석하였으며, 용매의 조성은 5 mM sodium 1-hexanesulfonate (A)와 100% 메탄올(B)을 0-20분 100% A, 20-35분 50% A:50% B, 35-55분 100% A로 설정하였다.

#### 6. 비타민 B<sub>2</sub> 함량 분석

비타민 B<sub>2</sub>의 분석은 Kim et al.(2014)과 식품공전 상의 수용성 비타민 분석법(MFDS 2021b)을 이용하였다. 시료 약 3 g을 취한 후 50 mL의 증류수를 첨가하여 shaking water bath (HB-205SW, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)에서 75°C, 30분간 환류 추출하였다. 추출액의 2 mL를 15,000 rpm으로 원심분리한 후 상등액을 0.2 µm GHP syringe filter로 여과하여 HPLC 분석에 사용하였다. 분석 시 사용한 컬럼은 YMC-Pack Pro RS C18 (250 mm×4.6 mm, 5 µm, YMC Korea Co., Seongnam, Korea)이었고, 컬럼 온도는 40°C로 설정하였다. 이동상을 0.65 mL/min 유속으로 75:25 (v/v) 비율의 10 mM NaH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> (pH 5.5)와 메탄올을 등용매 용리 조건으로 분석하였으며, 형광검출기를 이용하여 여기파장 445 nm, 방출파장 530 nm에서 측정하였다.

#### 7. 비타민 C 함량 분석

비타민 C의 추출은 식품공전의 비타민 분석법을 수정하여 분석하였다(MFDS 2021c). 균질화된 시료 2 g에 100 mM ethylen-diamine-tetra-acetic acid, tris(2-carboxyethyl)phosphine hydrochloride 및 meta-phosphoric acid를 혼합한 용매 12 mL를 가한 후 2-octanol 1-2방울을 첨가하여 1분간 homogenizer (T18 basic Ultra-turrax, IKA Labortechnik Co., Staufen, Germany)로 균질화하였다. 그 후 3,000 rpm으로 원심분리하여 상등액을 분리한 후, 남은 고형분에 추출용매 10 mL를 가하여 5분 동안 초음파 추출하였다. 초음파 추출한 용액을 3,000 rpm으로 원심분리하여 상등액을 분리한 뒤, 50 mL로 정용하여 0.2 µm GHP syringe filter로 여과하여 HPLC 분석에 사용하였다. 분석 시 이동상은 0.7 mL/min 유속으로 0.05% formic acid를 사용하여 등용매용리 조건으로 분석하였다. 검출기는 diode array detector를 이용하여 245 nm 파

장으로 Mightysil RP-18 GP Aqua column (250×4.6 mm, 5 µm, Kanto Chemicals, Tokyo, Japan)을 사용하여 분석하였다.

#### 8. 총 폴리페놀 및 플라보노이드 함량 분석

총 폴리페놀과 플라보노이드 분석은 동결건조한 시료 0.5 g에 70% 메탄올 10 mL를 첨가하여 30분간 초음파 추출을 진행한 후 filter paper (Adventec No. 2, Tokyo, Japan)로 여과하여 사용하였다. 총 폴리페놀 함량은 Folin & Denis (1912)의 방법을 일부 수정하여 분석하였다. 추출액 50 µL에 2% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 1 mL와 1 N Folin-Ciocalteu's reagent를 100 µL 첨가한 후 상온에서 5분간 방치하였다. 그 후 반응한 추출액의 200 µL를 96-well plate에 분주하여 ELISA reader로 750 nm에서 측정하였다. 시료의 총 폴리페놀 함량은 표준물질인 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 작성한 후, mg gallic acid equivalent (GAE)/g sample로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Zhishen et al.(1999)의 방법을 일부 변형하여 실험하였다. 추출물 125 µL에 증류수 625 µL와 5% NaNO<sub>2</sub> 37.5 µL를 첨가한 후 암소에서 6분간 방치하였다. 그 후 10% AlCl<sub>3</sub>·6H<sub>2</sub>O 75 µL를 첨가하여 혼합한 후 5분간 상온에서 방치한 후 1 M NaOH를 250 µL를 첨가하여 교반한 후 ELISA reader로 510 nm 파장을 설정하여 측정하였다. 표준곡선은 catechin을 사용하여 작성하였고, 값은 mg catechin equivalent (CE)/g sample로 표시하였다.

#### 9. 총 안토시아닌 함량 분석

조리 전후 채소류의 총 안토시아닌 함량은 Türker & Erdoğdu(2006) 방법을 참고하여 분석하였다. 시료 0.5 g에 0.1% HCl 메탄올을 10 mL 가한 후 초음파 추출기를 이용하여 30분간 추출하였다. 그 후 4,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 상등액을 분석 시료로 이용하였다. 추출물 0.5 mL에 0.025 M potassium chloride buffer (pH 1.0)와 0.4 M sodium acetate buffer (pH 4.5)를 각각 0.5 mL씩 첨가한 후, ELISA reader에서 520 nm와 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 안토시아닌 함량은 cyanidin-3-glucoside의 몰흡광계수(ε)를 이용하여 아래의 공식을 통해 산출하였다.

$$\text{Total anthocyanin content (mg/g)} = \frac{A \times MW \times 1,000}{\epsilon \times l} \times DF$$

$$A = (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 1.0} - (A_{520} - A_{700})_{\text{pH } 4.5}$$

$$MW \text{ (molecular weight of cyanidin-3,5-glucoside)} = 449.2$$

$$DF = \text{dilution ratio of sample}$$

$$\epsilon = 26,900 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$$

#### 10. ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능 측정

ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능은 라디칼이 시료의 항산화 물질과 반응하여 탈색되어 제거되는 반응을 이용한 것으

로, 표준물질은 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 작성하여 mg GAE/g sample로 나타내었다. 실험에는 동결건조하여 분말화한 시료 0.5 g에 70% 메탄올 10 mL를 가하여 30분간 초음파 추출을 진행한 후 filter paper로 여과한 추출액을 사용하였다. ABTS 라디칼 소거능은 Re et al.(1999)의 방법을 응용하여 측정하였으며, ABTS 용액은 7.4 mM ABTS와 2.4 mM potassium persulfate를 혼합하여 24시간 동안 암소 방치 후, 1.0±0.1의 흡광도 값을 나타내도록 증류수로 희석하여 실험에 사용하였다. 희석한 ABTS 용액 500 µL에 추출물 25 µL를 가하여 혼합한 후, 30분간 상온, 암소에서 방치하였다. 그 후 반응물 200 µL를 96-well plate에 분주하여 ELISA reader로 735 nm에서 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 Blois(1985) 방법을 참고하였으며, 에탄올에 용해한 DPPH 용액 500 µL와 추출물 25 µL를 혼합하여 암소에서 30분간 방치한 후 ELISA reader에서 520 nm 파장으로 측정하였다.

### 11. 잔존율(True retention) 변화

영양소 잔존율은 Murphy et al.(1975)의 방법에 따라 채소류의 조리 전후 시료 중량을 이용하여 아래의 식으로 계산하였다.

$$\text{True retention (\%)} = \frac{Nc \times Gc}{Nr \times Gr} \times 100$$

Nc: 조리 후 시료 1 g당 영양소 함량

Gc: 조리 후 중량(g)

Nr: 조리 전 시료 1 g당 영양소 함량

Gr: 조리 전 중량(g)

### 12. 통계 처리

본 연구의 결과는 평균±표준편차로 나타내었다. 통계 분석은 SAS 9.4 (SAS Institute, Cary, NC, USA) 프로그램의 일원분산분석(one-way ANOVA)을 통해 진행하였으며, 다중범위검정(Duncan's multiple range test)으로 시료 간의 유의성을 검증하였다.

## III. 결과 및 고찰

### 1. 조리에 의한 채소류의 조리수율, 수분함량 및 색도 변화

채소류의 조리방법에 따른 조리수율 및 수분 함량은 <Table 1>에 나타내었다. 채소 10종의 조리수율은 83.016-98.327%로 나타났으며, 시료의 종류와 조리방법에 따라 조리수율의 차이가 있는 것으로 나타났다. 그린빈과 토마토를 제외한 나머지 채소류에서는 볶기보다 증기로 조리하였을 때 조리수율이 높게 나타났으며, 특히 과열증기 조리 시 92.141-98.327%의 높은 수율을 나타내었다. Kim et al.(2017)의 연구에 따르면 고추류의 굵기는 76.1-86.2%의 조리수율을 나타내었고, 찌기(81.5-94.3%)보다 약 5-8% 높은 조리수율을

나타내었다. 이는 본 연구의 과열증기 조리법이 볶기에 비해 높은 조리수율을 나타낸 결과와 유사한 경향을 보여주었다. 채소류의 수분함량은 종류와 관계없이 모든 조리과정에서 감소하였으며, 대부분의 채소류에서 증기로 조리한 찜과 과열증기 조리법이 볶기보다 높은 수분함량을 나타내었다. 뿐만 아니라 수분함량의 잔존율은 그린빈과 토마토를 제외한 시료에서 찜과 과열증기의 수분 잔존율이 볶기보다 높게 나타났으며, 특히 적양배추의 과열증기에서 수분 잔존율이 97.468%로 높게 나타났다. 한편 그린빈의 수분 잔존율은 조리 후에 볶기(96.082%)를 한 경우 유의적으로 높게 나타내었으며, 이는 조리수율과 유사한 경향을 보여주었다. 이전 연구에서 채소류에 열처리를 할 경우 조직의 세포벽이 붕괴되어 구성성분인 셀룰로오스가 유리되고, 조직 내부의 수분이 용출되면서 중량을 감소시킬 수 있다고 보고하였다(Adikari & Thamilini 2018). 따라서 본 연구에서 일부 시료의 조리수율과 수분 잔존율의 경향이 유사한 것은 조리과정에서 조직 내부의 수분이 증발하여 무게가 감소하였기 때문인 것으로 사료된다. 뿐만 아니라 Lee & Chung(2020)의 연구에 따르면 당근을 찜 조리법보다 펜에 굽는 조리법을 이용하였을 때 수분함량이 약 2.2% 감소하였다고 보고하였고, 본 연구의 증기 조리에서 높은 수분 잔존율을 나타낸 결과와 유사한 경향을 보여주었다.

채소류의 조리방법에 따른 색도는 Hunter 색차계를 통해 L값(명도), a값(적색도), b값(황색도) 및 ΔE (총색차)를 측정하여 <Table 2>에 나타내었다. 적양배추와 적양배추의 L값은 볶기 조리를 한 후에 각각 49.503, 52.686으로 생것에 비해 1.5배 이상 증가하였으며, 그린빈과 토마토의 경우 조리 전후의 L값은 유의적인 차이가 나타나지 않았다. a값은 적양배추의 과열증기에서 37.905로 시료 중에서 가장 높은 적색도를 나타내었으며, b값의 경우 브로콜리를 과열증기 조리하였을 때 5.498로 생것에 비해 황색도가 3배 낮게 나타났다. ΔE는 색상의 변화를 나타내는 값으로 National Bureau of Statistics(NBS) 단위를 이용하여 색 차이를 구분할 수 있는데, 0-0.5는 색차가 거의 없고, 0.5-1.5는 근소한 차이, 1.5-3.0은 감지할 수 있을 정도의 차이를 나타내며, 3.0-6.0은 현저한 차이 그리고 6.0 이상은 극히 현저한 차이를 의미한다(Koksal & Dikbas 2008). 본 연구의 조리에 따른 ΔE는 그린빈과 토마토의 과열증기를 제외한 나머지 시료에서 3.736-27.955 범위로 나타나 현저한 색 차이를 나타낸 것을 확인할 수 있었다. 한편 찜과 과열증기의 경우 양배추, 방울양배추, 브로콜리 및 가지에서는 유의적인 색 차이가 없었으며, 그 외의 시료에서는 과열증기의 ΔE가 찜에 비해 1.4-4.4배 낮게 나타났다. Ko et al. (2016)의 연구에 따르면 조리과정에서 발생하는 색 변화는 열처리에 의해 산화효소가 불활성화되거나 물과 함께 가열하는 과정에서 수용성 색소가 조리수로 용출되면서 발생한다고 보고하였다. 뿐만 아니라 조리시간과 온도에 따라 녹색을 나타내는 클로로필 색소가 영향을

<Table 1> Cooking yield, moisture content and its true retention of vegetables by different cooking methods

Sample	Cooking method	Cooking yield (%)	Moisture (%)	True retention (%)
Broccoli	raw	100.000	93.279±0.153 <sup>1)a</sup>	100.000±0.164 <sup>a</sup>
	stir-frying	95.228	87.556±0.293 <sup>c</sup>	89.385±0.299 <sup>c</sup>
	steaming	98.059	90.168±0.008 <sup>b</sup>	94.788±0.008 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	98.116	90.542±1.175 <sup>b</sup>	95.237±1.236 <sup>b</sup>
Brussels sprout	raw	100.000	86.507±0.104 <sup>a</sup>	100.000±0.120 <sup>a</sup>
	stir-frying	93.838	85.424±0.074 <sup>ab</sup>	92.663±0.081 <sup>d</sup>
	steaming	97.187	84.723±0.002 <sup>b</sup>	95.183±0.002 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	98.256	85.635±0.761 <sup>ab</sup>	97.265±0.865 <sup>b</sup>
Cabbage	raw	100.000	95.217±0.505 <sup>a</sup>	100.000±0.530 <sup>a</sup>
	stir-frying	95.115	93.704±0.047 <sup>b</sup>	93.603±0.047 <sup>c</sup>
	steaming	98.232	93.958±0.061 <sup>b</sup>	96.932±0.063 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	98.327	94.337±0.079 <sup>b</sup>	97.418±0.081 <sup>b</sup>
Eggplant	raw	100.000	95.030±0.010 <sup>a</sup>	100.000±0.010 <sup>a</sup>
	stir-frying	88.093	94.442±0.095 <sup>b</sup>	87.548±0.088 <sup>d</sup>
	steaming	89.300	94.469±0.007 <sup>b</sup>	88.773±0.007 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	94.890	94.519±0.143 <sup>b</sup>	94.380±0.143 <sup>b</sup>
Green bean	raw	100.000	94.114±0.037 <sup>a</sup>	100.000±0.039 <sup>a</sup>
	stir-frying	98.134	92.146±0.205 <sup>b</sup>	96.082±0.214 <sup>b</sup>
	steaming	94.399	90.569±0.286 <sup>c</sup>	90.843±0.287 <sup>d</sup>
	superheated-steaming	95.531	92.075±0.010 <sup>b</sup>	93.461±0.010 <sup>c</sup>
Onion	raw	100.000	92.376±0.037 <sup>a</sup>	100.000±0.040 <sup>a</sup>
	stir-frying	88.756	91.683±0.083 <sup>c</sup>	88.091±0.080 <sup>d</sup>
	steaming	90.784	92.165±0.002 <sup>b</sup>	90.577±0.002 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	92.141	92.190±0.091 <sup>b</sup>	91.956±0.091 <sup>b</sup>
Red cabbage	raw	100.000	93.206±0.037 <sup>a</sup>	100.000±0.039 <sup>a</sup>
	stir-frying	93.194	91.179±0.059 <sup>b</sup>	91.167±0.059 <sup>c</sup>
	steaming	93.865	91.941±0.401 <sup>ab</sup>	92.590±0.404 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	98.050	92.653±1.094 <sup>ab</sup>	97.468±1.150 <sup>b</sup>
Red onion	raw	100.000	93.736±0.007 <sup>a</sup>	100.000±0.007 <sup>a</sup>
	stir-frying	88.293	90.463±0.125 <sup>c</sup>	85.210±0.117 <sup>d</sup>
	steaming	88.672	90.719±0.284 <sup>bc</sup>	85.818±0.269 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	92.729	91.150±0.146 <sup>b</sup>	90.171±0.144 <sup>b</sup>
Squash	raw	100.000	93.366±0.009 <sup>a</sup>	100.000±0.010 <sup>a</sup>
	stir-frying	86.142	91.967±0.084 <sup>c</sup>	84.852±0.078 <sup>d</sup>
	steaming	91.096	92.660±0.009 <sup>b</sup>	90.407±0.008 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	94.256	92.762±0.061 <sup>b</sup>	93.646±0.062 <sup>b</sup>
Tomato	raw	100.000	95.330±0.542 <sup>a</sup>	100.000±0.568 <sup>a</sup>
	stir-frying	89.007	95.068±0.144 <sup>ab</sup>	88.763±0.135 <sup>b</sup>
	steaming	83.016	94.384±0.022 <sup>bc</sup>	82.192±0.019 <sup>d</sup>
	superheated-steaming	85.912	94.166±0.287 <sup>c</sup>	84.863±0.258 <sup>c</sup>

All values are mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different letters in the same column of each sample are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

받아 색의 변화가 일어날 수 있다(Turkmen et al. 2006). 따라서 본 연구에서 조리방법에 따라 총색차가 다르게 나타난 것은 조리수의 양과 조리시간 및 온도에 의한 안토시아닌 등

의 수용성 색소의 용출과 클로로필 색소의 변화에 의한 것으로 사료된다.

&lt;Table 2&gt; Color indexes of vegetables by different cooking methods

Sample	Cooking method	L*	a*	b*	ΔE
Broccoli	raw	52.998±0.954 <sup>a</sup>	-10.088±1.276 <sup>b</sup>	15.778±0.641 <sup>a</sup>	-
	stir-frying	47.903±0.999 <sup>b</sup>	-10.217±0.990 <sup>b</sup>	15.550±1.290 <sup>a</sup>	5.280±0.926 <sup>b</sup>
	steaming	39.962±2.178 <sup>c</sup>	-9.674±0.807 <sup>b</sup>	15.466±1.205 <sup>a</sup>	13.103±2.230 <sup>a</sup>
	superheated-steaming	53.458±1.074 <sup>a</sup>	-4.605±0.642 <sup>a</sup>	5.498±1.013 <sup>b</sup>	11.725±0.743 <sup>a</sup>
Brussels sprout	raw	81.044±1.407 <sup>a</sup>	-13.866±1.812 <sup>ab</sup>	29.046±1.448 <sup>b</sup>	-
	stir-frying	73.078±0.675 <sup>b</sup>	-15.390±0.796 <sup>bc</sup>	26.018±1.627 <sup>c</sup>	8.753±1.238 <sup>b</sup>
	steaming	68.670±1.889 <sup>c</sup>	-12.930±1.302 <sup>a</sup>	34.110±1.890 <sup>a</sup>	13.551±1.957 <sup>a</sup>
	superheated-steaming	68.038±1.341 <sup>c</sup>	-17.218±1.426 <sup>c</sup>	27.998±1.786 <sup>bc</sup>	13.612±1.514 <sup>a</sup>
Cabbage	raw	79.846±6.692 <sup>a</sup>	-1.478±0.137 <sup>ab</sup>	8.856±0.276 <sup>a</sup>	-
	stir-frying	81.213±2.335 <sup>a</sup>	-1.648±0.028 <sup>b</sup>	4.255±0.369 <sup>b</sup>	5.170±0.839 <sup>b</sup>
	steaming	65.450±2.167 <sup>b</sup>	-1.663±0.187 <sup>b</sup>	-3.855±0.714 <sup>c</sup>	19.253±1.679 <sup>a</sup>
	superheated-steaming	65.753±2.906 <sup>b</sup>	-1.340±0.209 <sup>a</sup>	-4.550±0.686 <sup>c</sup>	19.554±1.905 <sup>a</sup>
Eggplant	raw	34.415±2.397 <sup>ab</sup>	3.335±0.462 <sup>c</sup>	-1.705±0.200 <sup>c</sup>	-
	stir-frying	37.070±0.960 <sup>a</sup>	5.036±0.963 <sup>b</sup>	8.273±1.423 <sup>a</sup>	10.527±1.456 <sup>a</sup>
	steaming	36.445±1.405 <sup>a</sup>	5.955±0.741 <sup>ab</sup>	5.600±0.961 <sup>b</sup>	8.146±0.874 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	31.790±2.180 <sup>b</sup>	6.430±0.965 <sup>a</sup>	5.325±0.790 <sup>b</sup>	8.356±1.029 <sup>b</sup>
Green bean	raw	48.843±0.572 <sup>a</sup>	-8.530±0.694 <sup>a</sup>	12.093±0.554 <sup>c</sup>	-
	stir-frying	47.858±3.119 <sup>a</sup>	-10.810±0.828 <sup>b</sup>	13.703±1.117 <sup>b</sup>	3.736±0.616 <sup>b</sup>
	steaming	48.988±0.890 <sup>a</sup>	-12.382±0.868 <sup>c</sup>	16.800±0.690 <sup>a</sup>	6.163±0.903 <sup>a</sup>
	superheated-steaming	48.266±1.144 <sup>a</sup>	-10.836±0.417 <sup>b</sup>	13.276±1.031 <sup>bc</sup>	2.977±0.531 <sup>b</sup>
Onion	raw	77.928±1.497 <sup>a</sup>	-1.825±0.355 <sup>d</sup>	3.648±0.545 <sup>a</sup>	-
	stir-frying	74.157±0.864 <sup>b</sup>	0.233±0.029 <sup>b</sup>	-8.417±0.300 <sup>c</sup>	12.824±0.373 <sup>c</sup>
	steaming	52.773±0.791 <sup>d</sup>	0.660±0.056 <sup>a</sup>	-8.290±0.405 <sup>c</sup>	27.955±0.806 <sup>a</sup>
	superheated-steaming	60.737±0.578 <sup>c</sup>	-0.770±0.069 <sup>c</sup>	-6.877±0.241 <sup>b</sup>	20.188±0.394 <sup>b</sup>
Red cabbage	raw	31.690±0.439 <sup>b</sup>	31.714±1.027 <sup>b</sup>	-4.006±0.373 <sup>a</sup>	-
	stir-frying	52.686±1.159 <sup>a</sup>	18.618±0.306 <sup>c</sup>	-3.806±0.526 <sup>a</sup>	24.762±0.857 <sup>a</sup>
	steaming	30.588±0.095 <sup>b</sup>	15.865±0.203 <sup>d</sup>	-9.175±1.189 <sup>b</sup>	16.737±0.327 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	33.733±5.852 <sup>b</sup>	37.905±2.403 <sup>a</sup>	-9.850±1.600 <sup>b</sup>	10.110±2.916 <sup>c</sup>
Red onion	raw	33.728±1.020 <sup>c</sup>	21.114±0.764 <sup>a</sup>	-2.216±0.157 <sup>a</sup>	-
	stir-frying	49.503±1.060 <sup>a</sup>	14.900±0.761 <sup>b</sup>	-1.815±0.117 <sup>a</sup>	16.975±1.004 <sup>a</sup>
	steaming	40.340±1.884 <sup>b</sup>	10.765±0.516 <sup>d</sup>	-5.233±0.597 <sup>c</sup>	12.738±1.023 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	35.745±4.724 <sup>c</sup>	12.780±0.767 <sup>c</sup>	-4.298±0.206 <sup>b</sup>	8.700±0.741 <sup>c</sup>
Squash	raw	65.418±3.051 <sup>a</sup>	-18.276±0.811 <sup>ab</sup>	29.032±2.486 <sup>b</sup>	-
	stir-frying	61.050±0.540 <sup>b</sup>	-17.780±0.164 <sup>a</sup>	29.153±1.097 <sup>b</sup>	4.510±0.435 <sup>c</sup>
	steaming	56.533±0.935 <sup>c</sup>	-20.588±2.271 <sup>c</sup>	26.548±3.930 <sup>b</sup>	10.260±1.318 <sup>a</sup>
	superheated-steaming	62.263±0.341 <sup>b</sup>	-19.950±0.917 <sup>bc</sup>	34.745±0.231 <sup>a</sup>	6.794±0.064 <sup>b</sup>
Tomato	raw	47.398±0.632 <sup>a</sup>	19.608±0.744 <sup>a</sup>	18.204±2.363 <sup>a</sup>	-
	stir-frying	46.142±1.913 <sup>a</sup>	13.524±1.194 <sup>b</sup>	15.966±1.817 <sup>a</sup>	6.996±1.309 <sup>a</sup>
	steaming	48.110±1.808 <sup>a</sup>	11.730±1.165 <sup>c</sup>	16.506±1.753 <sup>a</sup>	8.382±1.304 <sup>a</sup>
	superheated-steaming	46.183±0.627 <sup>a</sup>	18.313±0.371 <sup>a</sup>	18.625±0.276 <sup>a</sup>	1.923±0.346 <sup>b</sup>

All values are mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different letters in the same column of each sample are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

2. 조리법에 의한 채소류의 수용성 비타민 함량 및 잔존율 변화  
채소류 10 가지의 조리법에 따른 수용성 비타민(비타민 B<sub>1</sub>,  
비타민 B<sub>2</sub>, 비타민 B<sub>3</sub>, 비타민 C)의 함량 및 잔존율은

<Table 3>에 나타내었다. 수용성 비타민의 함량 및 잔존율은  
모든 채소류에서 조리 후에 감소하였다. 비타민 B<sub>1</sub>의 함량은  
방울양배추 생것이 0.586 mg/100 g으로 시료 중에서 가장 높

<Table 3> Content and true retention of vitamin B<sub>1</sub>, vitamin B<sub>2</sub>, vitamin B<sub>3</sub> and vitamin C in vegetables by different cooking methods

Sample	Cooking method	Vitamin B <sub>1</sub>			Vitamin B <sub>2</sub>			Vitamin B <sub>3</sub>			Vitamin C		
		mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)
Broccoli	raw	0.045±0.002 <sup>a</sup>	100.000±4.164 <sup>a</sup>	0.189±0.002 <sup>a</sup>	100.000±1.263 <sup>a</sup>	2.355±0.027 <sup>a</sup>	100.000±1.463 <sup>a</sup>	72.265±0.102 <sup>a</sup>	100.000±0.141 <sup>a</sup>	100.000±0.141 <sup>a</sup>	72.265±0.102 <sup>a</sup>	100.000±0.141 <sup>a</sup>	
	stir-frying	0.018±0.001 <sup>d</sup>	38.543±1.986 <sup>d</sup>	0.174±0.001 <sup>d</sup>	87.421±0.640 <sup>d</sup>	1.005±0.012 <sup>d</sup>	40.622±0.495 <sup>d</sup>	48.768±0.247 <sup>d</sup>	64.264±0.325 <sup>d</sup>	64.264±0.325 <sup>d</sup>	48.768±0.247 <sup>d</sup>	64.264±0.325 <sup>d</sup>	
	steaming	0.028±0.002 <sup>c</sup>	59.984±3.991 <sup>c</sup>	0.179±0.001 <sup>c</sup>	92.707±0.665 <sup>c</sup>	1.438±0.003 <sup>c</sup>	59.889±0.110 <sup>c</sup>	52.348±0.622 <sup>c</sup>	71.033±0.844 <sup>c</sup>	71.033±0.844 <sup>c</sup>	52.348±0.622 <sup>c</sup>	71.033±0.844 <sup>c</sup>	
	superheated-steaming	0.038±0.001 <sup>b</sup>	82.235±2.930 <sup>b</sup>	0.185±0.001 <sup>b</sup>	96.088±0.703 <sup>b</sup>	1.633±0.001 <sup>b</sup>	68.052±0.026 <sup>b</sup>	64.849±1.089 <sup>b</sup>	88.047±1.478 <sup>b</sup>	88.047±1.478 <sup>b</sup>	64.849±1.089 <sup>b</sup>	88.047±1.478 <sup>b</sup>	
Brussels sprout	raw	0.586±0.005 <sup>a</sup>	100.000±0.901 <sup>a</sup>	0.107±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.215 <sup>a</sup>	0.404±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.044 <sup>a</sup>	52.462±2.607 <sup>a</sup>	100.000±4.970 <sup>a</sup>	100.000±4.970 <sup>a</sup>	52.462±2.607 <sup>a</sup>	100.000±4.970 <sup>a</sup>	
	stir-frying	0.456±0.005 <sup>b</sup>	73.086±0.752 <sup>b</sup>	0.095±0.001 <sup>c</sup>	83.663±0.513 <sup>d</sup>	0.113±0.004 <sup>d</sup>	26.278±0.963 <sup>d</sup>	37.894±0.525 <sup>b</sup>	67.780±0.938 <sup>c</sup>	67.780±0.938 <sup>c</sup>	37.894±0.525 <sup>b</sup>	67.780±0.938 <sup>c</sup>	
	steaming	0.292±0.003 <sup>d</sup>	48.450±0.418 <sup>d</sup>	0.096±0.001 <sup>c</sup>	87.646±1.159 <sup>c</sup>	0.180±0.004 <sup>c</sup>	43.328±0.962 <sup>c</sup>	46.353±1.639 <sup>a</sup>	85.871±3.035 <sup>b</sup>	85.871±3.035 <sup>b</sup>	46.353±1.639 <sup>a</sup>	85.871±3.035 <sup>b</sup>	
	superheated-steaming	0.357±0.001 <sup>c</sup>	59.859±0.109 <sup>c</sup>	0.104±0.002 <sup>b</sup>	95.219±1.828 <sup>b</sup>	0.216±0.000 <sup>b</sup>	52.469±0.109 <sup>b</sup>	49.725±1.411 <sup>a</sup>	93.129±2.643 <sup>ab</sup>	93.129±2.643 <sup>ab</sup>	49.725±1.411 <sup>a</sup>	93.129±2.643 <sup>ab</sup>	
Cabbage	raw	0.096±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.508 <sup>a</sup>	0.021±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.650 <sup>a</sup>	0.389±0.010 <sup>a</sup>	100.000±2.607 <sup>a</sup>	25.330±0.447 <sup>a</sup>	100.000±1.765 <sup>a</sup>	100.000±1.765 <sup>a</sup>	25.330±0.447 <sup>a</sup>	100.000±1.765 <sup>a</sup>	
	stir-frying	0.076±0.001 <sup>b</sup>	74.597±0.706 <sup>b</sup>	0.019±0.000 <sup>c</sup>	82.577±0.729 <sup>d</sup>	0.301±0.005 <sup>c</sup>	73.505±1.270 <sup>d</sup>	19.007±0.551 <sup>d</sup>	71.372±2.069 <sup>d</sup>	71.372±2.069 <sup>d</sup>	19.007±0.551 <sup>d</sup>	71.372±2.069 <sup>d</sup>	
	steaming	0.031±0.002 <sup>d</sup>	31.410±1.733 <sup>d</sup>	0.019±0.000 <sup>bc</sup>	86.363±1.195 <sup>c</sup>	0.317±0.000 <sup>c</sup>	80.036±0.010 <sup>c</sup>	22.708±0.047 <sup>c</sup>	88.062±0.180 <sup>c</sup>	88.062±0.180 <sup>c</sup>	22.708±0.047 <sup>c</sup>	88.062±0.180 <sup>c</sup>	
	superheated-steaming	0.040±0.000 <sup>c</sup>	40.530±0.493 <sup>c</sup>	0.020±0.000 <sup>b</sup>	90.673±0.267 <sup>b</sup>	0.352±0.002 <sup>b</sup>	88.914±0.427 <sup>b</sup>	23.896±0.297 <sup>b</sup>	92.757±1.157 <sup>b</sup>	92.757±1.157 <sup>b</sup>	23.896±0.297 <sup>b</sup>	92.757±1.157 <sup>b</sup>	
Eggplant	raw	0.080±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.204 <sup>a</sup>	0.050±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.769 <sup>a</sup>	0.169±0.001 <sup>a</sup>	100.000±0.507 <sup>a</sup>	1.372±0.041 <sup>a</sup>	100.000±2.989 <sup>b</sup>	100.000±2.989 <sup>b</sup>	1.372±0.041 <sup>a</sup>	100.000±2.989 <sup>b</sup>	
	stir-frying	0.041±0.001 <sup>d</sup>	45.553±1.214 <sup>d</sup>	0.048±0.001 <sup>b</sup>	83.072±1.293 <sup>c</sup>	0.088±0.006 <sup>d</sup>	45.739±2.953 <sup>d</sup>	0.288±0.008 <sup>d</sup>	18.465±0.489 <sup>d</sup>	18.465±0.489 <sup>d</sup>	0.288±0.008 <sup>d</sup>	18.465±0.489 <sup>d</sup>	
	steaming	0.056±0.000 <sup>c</sup>	62.372±0.380 <sup>c</sup>	0.049±0.000 <sup>ab</sup>	86.351±0.335 <sup>c</sup>	0.118±0.003 <sup>c</sup>	62.061±1.512 <sup>c</sup>	0.371±0.017 <sup>c</sup>	24.142±1.100 <sup>c</sup>	24.142±1.100 <sup>c</sup>	0.371±0.017 <sup>c</sup>	24.142±1.100 <sup>c</sup>	
	superheated-steaming	0.066±0.001 <sup>b</sup>	78.019±1.270 <sup>b</sup>	0.051±0.001 <sup>a</sup>	95.738±1.859 <sup>b</sup>	0.138±0.001 <sup>b</sup>	77.377±0.499 <sup>b</sup>	1.033±0.008 <sup>b</sup>	71.421±0.563 <sup>b</sup>	71.421±0.563 <sup>b</sup>	1.033±0.008 <sup>b</sup>	71.421±0.563 <sup>b</sup>	
Green bean	raw	0.062±0.002 <sup>a</sup>	100.000±2.673 <sup>a</sup>	0.181±0.001 <sup>a</sup>	100.000±0.815 <sup>a</sup>	0.075±0.001 <sup>a</sup>	100.000±1.490 <sup>a</sup>	10.952±0.383 <sup>a</sup>	100.000±3.493 <sup>a</sup>	100.000±3.493 <sup>a</sup>	10.952±0.383 <sup>a</sup>	100.000±3.493 <sup>a</sup>	
	stir-frying	0.052±0.000 <sup>b</sup>	81.884±0.130 <sup>b</sup>	0.139±0.000 <sup>c</sup>	75.471±0.151 <sup>d</sup>	0.047±0.002 <sup>c</sup>	61.783±1.456 <sup>c</sup>	2.802±0.006 <sup>b</sup>	25.107±0.056 <sup>b</sup>	25.107±0.056 <sup>b</sup>	2.802±0.006 <sup>b</sup>	25.107±0.056 <sup>b</sup>	
	steaming	0.026±0.001 <sup>d</sup>	38.650±1.253 <sup>d</sup>	0.174±0.005 <sup>b</sup>	90.484±2.435 <sup>c</sup>	0.070±0.000 <sup>b</sup>	88.262±0.374 <sup>b</sup>	2.972±0.011 <sup>b</sup>	25.616±0.096 <sup>b</sup>	25.616±0.096 <sup>b</sup>	2.972±0.011 <sup>b</sup>	25.616±0.096 <sup>b</sup>	
	superheated-steaming	0.040±0.001 <sup>c</sup>	61.267±1.323 <sup>c</sup>	0.179±0.001 <sup>ab</sup>	94.228±0.563 <sup>b</sup>	0.072±0.000 <sup>b</sup>	91.125±0.081 <sup>b</sup>	3.218±0.054 <sup>b</sup>	28.072±0.470 <sup>b</sup>	28.072±0.470 <sup>b</sup>	3.218±0.054 <sup>b</sup>	28.072±0.470 <sup>b</sup>	

**<Table 3> Content and true retention of vitamin B<sub>1</sub>, vitamin B<sub>2</sub>, vitamin B<sub>3</sub> and vitamin C in vegetables by different cooking methods (continued)**

Sample	Cooking method	Vitamin B <sub>1</sub>		Vitamin B <sub>2</sub>		Vitamin B <sub>3</sub>		Vitamin C	
		mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)	mg/100 g	True retention (%)
Onion	raw	0.127±0.001 <sup>a</sup>	100.000±0.430 <sup>a</sup>	0.011±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.266 <sup>a</sup>	0.065±0.002 <sup>a</sup>	100.000±2.780 <sup>a</sup>	4.088±0.216 <sup>a</sup>	100.000±5.272 <sup>a</sup>
	stir-frying	0.094±0.001 <sup>c</sup>	65.505±0.640 <sup>d</sup>	0.005±0.000 <sup>c</sup>	39.741±1.938 <sup>d</sup>	0.041±0.002 <sup>c</sup>	56.248±2.037 <sup>d</sup>	3.008±0.097 <sup>c</sup>	65.316±2.103 <sup>c</sup>
	steaming	0.099±0.000 <sup>bc</sup>	70.232±0.295 <sup>c</sup>	0.005±0.000 <sup>c</sup>	44.074±0.736 <sup>c</sup>	0.046±0.000 <sup>c</sup>	63.153±0.632 <sup>c</sup>	3.694±0.133 <sup>b</sup>	82.040±2.951 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	0.103±0.004 <sup>b</sup>	74.335±2.542 <sup>b</sup>	0.006±0.000 <sup>b</sup>	54.282±0.631 <sup>b</sup>	0.052±0.001 <sup>b</sup>	73.874±0.728 <sup>b</sup>	3.976±0.055 <sup>ab</sup>	89.607±1.195 <sup>b</sup>
Red cabbage	raw	0.069±0.001 <sup>a</sup>	100.000±1.100 <sup>a</sup>	0.036±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.031 <sup>a</sup>	0.218±0.001 <sup>a</sup>	100.000±0.567 <sup>a</sup>	55.350±0.081 <sup>a</sup>	100.000±0.147 <sup>a</sup>
	stir-frying	0.064±0.001 <sup>b</sup>	86.243±0.817 <sup>b</sup>	0.030±0.000 <sup>d</sup>	77.907±0.518 <sup>d</sup>	0.136±0.002 <sup>d</sup>	58.062±0.648 <sup>d</sup>	39.853±0.764 <sup>c</sup>	67.101±1.286 <sup>d</sup>
	steaming	0.057±0.002 <sup>c</sup>	77.505±2.110 <sup>c</sup>	0.034±0.000 <sup>c</sup>	89.016±0.733 <sup>c</sup>	0.146±0.001 <sup>c</sup>	63.045±0.626 <sup>c</sup>	41.542±0.836 <sup>bc</sup>	70.448±1.418 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	0.061±0.001 <sup>b</sup>	86.673±1.728 <sup>b</sup>	0.035±0.000 <sup>b</sup>	97.620±0.430 <sup>b</sup>	0.172±0.001 <sup>b</sup>	77.260±0.377 <sup>b</sup>	41.870±0.638 <sup>b</sup>	74.169±1.130 <sup>b</sup>
Red onion	raw	0.146±0.001 <sup>a</sup>	100.000±0.743 <sup>a</sup>	0.021±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.976 <sup>a</sup>	0.102±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.088 <sup>a</sup>	5.743±0.212 <sup>a</sup>	100.000±3.689 <sup>a</sup>
	stir-frying	0.080±0.002 <sup>c</sup>	48.118±1.450 <sup>d</sup>	0.012±0.000 <sup>d</sup>	51.447±1.615 <sup>d</sup>	0.057±0.000 <sup>d</sup>	49.392±3.456 <sup>d</sup>	4.641±0.077 <sup>c</sup>	71.350±1.186 <sup>c</sup>
	steaming	0.113±0.004 <sup>b</sup>	68.306±2.173 <sup>c</sup>	0.017±0.000 <sup>c</sup>	70.177±1.654 <sup>c</sup>	0.091±0.002 <sup>b</sup>	79.246±1.830 <sup>c</sup>	4.952±0.073 <sup>c</sup>	76.457±1.125 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	0.115±0.002 <sup>b</sup>	72.706±1.231 <sup>b</sup>	0.018±0.000 <sup>b</sup>	79.644±0.794 <sup>b</sup>	0.096±0.001 <sup>ab</sup>	86.554±0.793 <sup>b</sup>	5.367±0.037 <sup>b</sup>	86.663±0.593 <sup>b</sup>
Squash	raw	0.033±0.002 <sup>a</sup>	100.000±6.798 <sup>a</sup>	0.058±0.001 <sup>a</sup>	100.000±0.988 <sup>a</sup>	0.585±0.006 <sup>a</sup>	100.000±0.990 <sup>a</sup>	1.619±0.076 <sup>a</sup>	100.000±4.669 <sup>b</sup>
	stir-frying	0.025±0.000 <sup>c</sup>	63.700±0.499 <sup>c</sup>	0.049±0.001 <sup>c</sup>	71.963±1.720 <sup>d</sup>	0.327±0.002 <sup>d</sup>	48.088±0.367 <sup>d</sup>	0.768±0.005 <sup>d</sup>	40.854±0.270 <sup>d</sup>
	steaming	0.027±0.000 <sup>bc</sup>	74.139±0.686 <sup>b</sup>	0.051±0.000 <sup>c</sup>	79.308±0.631 <sup>c</sup>	0.431±0.000 <sup>c</sup>	67.051±0.036 <sup>c</sup>	1.063±0.005 <sup>c</sup>	59.841±0.262 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	0.029±0.000 <sup>b</sup>	80.592±0.281 <sup>b</sup>	0.054±0.000 <sup>b</sup>	86.136±1.623 <sup>b</sup>	0.478±0.000 <sup>b</sup>	76.890±0.071 <sup>b</sup>	1.318±0.002 <sup>b</sup>	76.729±0.105 <sup>b</sup>
Tomato	raw	0.082±0.000 <sup>a</sup>	100.000±0.131 <sup>a</sup>	0.027±0.001 <sup>ab</sup>	100.000±5.238 <sup>a</sup>	0.218±0.000 <sup>a</sup>	100.000±2.226 <sup>a</sup>	15.095±0.783 <sup>a</sup>	100.000±5.186 <sup>a</sup>
	stir-frying	0.048±0.001 <sup>d</sup>	51.725±1.194 <sup>d</sup>	0.025±0.000 <sup>b</sup>	82.354±0.103 <sup>c</sup>	0.164±0.001 <sup>c</sup>	67.257±0.251 <sup>c</sup>	11.580±0.235 <sup>b</sup>	68.281±1.384 <sup>c</sup>
	steaming	0.057±0.001 <sup>c</sup>	57.663±1.163 <sup>c</sup>	0.027±0.000 <sup>ab</sup>	84.304±0.182 <sup>c</sup>	0.178±0.000 <sup>b</sup>	67.747±2.008 <sup>c</sup>	11.646±0.018 <sup>b</sup>	64.050±0.100 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	0.076±0.002 <sup>b</sup>	79.667±2.215 <sup>b</sup>	0.029±0.000 <sup>a</sup>	92.296±0.148 <sup>b</sup>	0.184±0.004 <sup>b</sup>	72.455±1.400 <sup>b</sup>	14.388±0.049 <sup>a</sup>	81.888±0.281 <sup>b</sup>

All values are mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different letters in the same column of each sample are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.



은 함량을 나타내었으며, 잔존율은 브로콜리의 과열증기가 82.235%로 볶기에 비해 2배 높게 나타났다. 비타민 B<sub>2</sub>의 함량 및 잔존율은 모든 시료에서 찜과 과열증기 조리가 볶기에 비해 높게 나타났다. 특히 브로콜리 생것의 비타민 B<sub>2</sub> 함량이 0.189 mg/100 g으로 전체 시료 중에서 가장 높게 검출되었다. 또한 비타민 B<sub>2</sub>의 잔존율은 대부분 시료에서 과열증기 조리 시 90% 이상으로 나타났으며, 특히 적양배추의 과열증기 조리에서 97.620%로 우수한 잔존율을 보여주었다. 비타민 B<sub>3</sub>의 함량 및 잔존율은 모든 시료에서 볶기에 비해 찜과 과열증기 조리를 하였을 때 유의적으로 높게 나타난 것을 확인할 수 있었다. 비타민 B<sub>3</sub>의 함량은 브로콜리 생것이 2.355 mg/100 g, 조리 후에는 1.005-1.633 mg/100 g으로 조리 전후 모두 시료 중에서 가장 높은 함량을 나타내었다. 또한 비타민 B<sub>3</sub>의 잔존율은 그린빈 과열증기에서 91.125%로 가장 우수한 잔존율을 보여주었다. 비타민 C의 함량과 잔존율은 모든 시료에서 과열증기 조리를 하였을 경우 볶기보다 높게 나타났다. 비타민 C의 함량은 브로콜리 생것에서 72.265 mg/100 g으로 가장 높은 함량을 보여주었으며, 잔존율의 경우 방울양배추와 양배추의 과열증기에서 각각 93.129, 92.757%로 90% 이상의 높은 수준으로 비타민 C를 함유하고 있는 것을 확인하였다. 수용성 비타민은 빛, 산소, 열 등의 요인에 민감하기 때문에 식재료를 조리하는 과정 중에 가해지는 열과 조리수는 수용성 비타민을 용출시키거나 파괴시킬 수 있는 것으로 알려져 있다(Rumm-Kreuter & Demmel 1990). 따라서 조리과정에서 수용성 비타민의 손실을 최소화하는 방법이 필요한데, 과열증기는 과열된 수증기가 재료의 표면에 빠른 속도로 충돌하여 열전도율을 높이기 때문에 식품의 산화를 방지하거나 수용성 영양소의 손실을 감소시킬 수 있다(Xiao et al. 2014). Kim et al.(2012)의 연구에서 무를 과열증기로 조리하였을 때 비타민 C 잔존율은 물과 함께 조리한 것보다 2배 높게 나타났으며, 과열증기에서는 90% 이상의 우수한 잔존율을 보여주었다. 본 연구에서도 대부분 시료에서 볶기보다 과열증기 조리의 수용성 비타민 함량과 잔존율이 높게 나타났으며, 일부 시료에서는 90% 이상의 우수한 잔존율을 보여주어 이전 연구와 유사한 경향으로 나타난 것을 확인할 수 있었다.

### 3. 조리방법에 따른 기능성 성분 함량과 잔존율 변화

채소류의 세 가지 조리법을 통한 총 폴리페놀, 플라보노이드 및 안토시아닌 함량과 잔존율 결과는 <Table 4>를 통해 확인하였다. 채소류의 총 폴리페놀 함량은 적양배추에서 21.165-30.104 mg GAE/g으로 다른 채소류보다 2배 이상 높게 나타났으며, 특히 적양배추를 과열증기 조리하였을 때 30.104 mg GAE/g으로 가장 높은 함량을 나타내었다. 또한 총 폴리페놀의 잔존율은 모든 시료에서 과열증기 조리를 하였을 때 80% 이상으로 나타났으며, 그 중에서도 방울양배추를 과열증기 조리하였을 때 총 폴리페놀 잔존율이 173.590%

로 시료 중에서 가장 높게 나타났다. 총 플라보노이드 함량은 적양배추의 과열증기 조리에서 11.390 mg GAE/g으로 생것에 비해 1.5배 증가하였다. 또한 총 플라보노이드 잔존율은 대부분 찜과 과열증기에서 생것보다 높은 잔존율을 보여주었으며, 방울양배추의 과열증기 조리에서 188.846%로 높은 잔존율을 보여주었다. 총 안토시아닌 함량과 잔존율은 적양과, 적양배추 그리고 가지에서 조리 후에 감소하였으며, 찜과 과열증기 조리 시 안토시아닌의 잔존율이 볶기에 비해 유의적으로 높게 나타났다. 특히 적양배추의 과열증기에서는 안토시아닌의 잔존율이 90% 이상으로 높게 나타났다. 폴리페놀은 식물에 널리 분포하고 있는 2차 대사 산물로 페놀산, 플라보노이드 등 8,000개 이상의 페놀 화합물이 자연계에 존재하고 있으며, 과일과 채소에 다량 함유되어 항산화 기능을 하는 것으로 알려져 있다(Urquiaga & Leighton 2000). 그 중에서 안토시아닌은 보라색, 분홍색, 붉은색의 수용성 색소를 가지는 플라보노이드 화합물로 다양한 생리활성 기능이 있는 것으로 알려져 있으며, pH, 빛, 산소 및 열에 불안정한 특징이 있다(Hou et al. 2013). 또한 채소는 열처리에 의해 세포의 매트릭스가 연화되면서 페놀 화합물의 용출이 증가할 수 있으며, 물과 함께 조리하거나 조리시간이 길어질 경우 세포의 구조가 파괴되고 효소가 불활성화 되면서 조리수로 용출되어 소실되기도 한다(Vallejo et al. 2003; Miglio et al. 2008). Liang et al.(2018)의 연구에서는 블랙 커민 씨앗을 180°C에서 10분간 과열증기 조리를 하였을 때 총 페놀 함량이 생것과 일반증기 조리에 비해 각각 1.3배 이상 증가하였는데, 이는 식물의 세포벽에 공유 결합된 페놀 화합물이 열에 의해 유리되면서 함량이 증가하였기 때문이라고 보고하였다. 이러한 연구결과를 통해 본 연구에서 총 폴리페놀 및 플라보노이드의 잔존율이 대부분 과열증기 조리에서 생것에 비해 증가한 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 Podsędek et al.(2008)의 연구에서는 적양배추의 조리 후에 안토시아닌 함량이 감소하였으며, 끓이기에 비해 찜에서 안토시아닌의 함량이 약 2배 높게 나타난 것으로 보고하였다. 이전 연구와 마찬가지로 본 연구에서도 조리 후에 안토시아닌의 함량이 감소하였으며, 증기 조리에 비해 볶기에서 잔존율이 낮게 나타난 것은 170°C의 고온에서 조리하는 과정 중에 안토시아닌이 파괴되었기 때문인 것으로 생각된다. 또한 과열증기한 적양배추의 안토시아닌 잔존율은 90% 이상으로 높게 나타난 것은 본 연구의 총 폴리페놀과 플라보노이드 잔존율이 적양배추의 과열증기에서 월등히 높게 나타난 것과 마찬가지로 페놀 화합물의 한 종류인 안토시아닌이 가열된 수증기에 의해 매트릭스가 연화되면서 잔존율을 높여준 것으로 생각된다.

### 4. 조리방법에 따른 채소류의 항산화 활성

조리에 따른 채소류의 폴리페놀, 플라보노이드 및 안토시아닌의 함량과 잔존율에 변화가 있는 것을 확인하였으며, 이

&lt;Table 4&gt; Content and true retention of total polyphenol, flavonoid, and anthocyanin in vegetables by different cooking methods

Sample	Cooking method	Total polyphenol		Total flavonoid		Total anthocyanin	
		mg GAE <sup>1)</sup> /g	True retention (%)	mg CE <sup>2)</sup> /g	True retention (%)	mg/g	True retention (%)
Broccoli	raw	8.874±0.281 <sup>b</sup>	100.000±3.171 <sup>b</sup>	1.583±0.035 <sup>b</sup>	100.000±2.215 <sup>b</sup>	-	-
	stir-frying	8.767±0.069 <sup>b</sup>	94.073±0.739 <sup>b</sup>	1.488±0.059 <sup>b</sup>	89.544±3.552 <sup>c</sup>	-	-
	steaming	13.187±1.283 <sup>a</sup>	145.713±14.182 <sup>a</sup>	2.419±0.058 <sup>a</sup>	149.862±3.614 <sup>a</sup>	-	-
	superheated-steaming	14.333±0.553 <sup>a</sup>	158.473±6.120 <sup>a</sup>	2.419±0.068 <sup>a</sup>	149.939±4.209 <sup>a</sup>	-	-
Brussels sprout	raw	6.790±0.603 <sup>c</sup>	100.000±8.876 <sup>bc</sup>	2.016±0.158 <sup>c</sup>	100.000±7.861 <sup>c</sup>	-	-
	stir-frying	6.593±0.126 <sup>c</sup>	91.122±1.740 <sup>c</sup>	1.654±0.068 <sup>d</sup>	76.976±3.161 <sup>d</sup>	-	-
	steaming	7.742±0.057 <sup>b</sup>	112.037±0.831 <sup>b</sup>	2.971±0.117 <sup>b</sup>	144.751±5.688 <sup>b</sup>	-	-
	superheated-steaming	12.128±0.744 <sup>a</sup>	173.590±10.646 <sup>a</sup>	3.918±0.029 <sup>a</sup>	188.846±1.399 <sup>a</sup>	-	-
Cabbage	raw	3.047±0.033 <sup>c</sup>	100.000±1.092 <sup>c</sup>	1.292±0.027 <sup>c</sup>	100.000±2.086 <sup>c</sup>	-	-
	stir-frying	3.705±0.069 <sup>b</sup>	115.676±2.145 <sup>b</sup>	1.389±0.135 <sup>c</sup>	102.261±9.934 <sup>c</sup>	-	-
	steaming	3.615±0.185 <sup>b</sup>	116.670±5.982 <sup>b</sup>	1.763±0.007 <sup>b</sup>	134.231±0.569 <sup>b</sup>	-	-
	superheated-steaming	3.921±0.033 <sup>a</sup>	126.433±1.066 <sup>a</sup>	2.047±0.149 <sup>a</sup>	155.701±11.340 <sup>a</sup>	-	-
Eggplant	raw	14.907±0.254 <sup>a</sup>	100.000±1.706 <sup>a</sup>	4.936±0.149 <sup>a</sup>	100.000±3.017 <sup>a</sup>	0.029±0.001 <sup>a</sup>	100.000±3.566 <sup>a</sup>
	stir-frying	7.255±0.048 <sup>c</sup>	43.461±0.287 <sup>c</sup>	1.723±0.036 <sup>c</sup>	31.170±0.647 <sup>c</sup>	0.003±0.000 <sup>d</sup>	8.887±0.739 <sup>d</sup>
	steaming	6.145±0.096 <sup>d</sup>	36.316±0.566 <sup>d</sup>	1.540±0.034 <sup>c</sup>	27.494±0.600 <sup>c</sup>	0.013±0.001 <sup>b</sup>	38.697±2.189 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	14.012±0.410 <sup>b</sup>	89.194±2.612 <sup>b</sup>	2.816±0.214 <sup>b</sup>	54.138±4.107 <sup>b</sup>	0.018±0.000 <sup>b</sup>	58.182±0.784 <sup>b</sup>
Green bean	raw	4.958±0.259 <sup>b</sup>	100.000±5.215 <sup>b</sup>	1.407±0.059 <sup>ab</sup>	100.000±4.203 <sup>a</sup>	-	-
	stir-frying	4.904±0.219 <sup>b</sup>	97.061±4.335 <sup>b</sup>	1.344±0.017 <sup>b</sup>	93.700±1.177 <sup>a</sup>	-	-
	steaming	4.610±0.152 <sup>b</sup>	87.761±2.898 <sup>c</sup>	1.248±0.050 <sup>c</sup>	83.706±3.365 <sup>b</sup>	-	-
	superheated-steaming	6.488±0.188 <sup>a</sup>	125.003±3.619 <sup>a</sup>	1.470±0.048 <sup>a</sup>	99.789±3.263 <sup>a</sup>	-	-
Onion	raw	5.499±0.145 <sup>c</sup>	100.000±2.632 <sup>b</sup>	1.367±0.049 <sup>b</sup>	100.000±3.559 <sup>b</sup>	-	-
	stir-frying	6.291±0.070 <sup>b</sup>	101.534±1.127 <sup>b</sup>	1.338±0.022 <sup>b</sup>	86.876±1.440 <sup>c</sup>	-	-
	steaming	6.195±0.094 <sup>b</sup>	102.277±1.550 <sup>b</sup>	1.354±0.039 <sup>b</sup>	89.908±2.621 <sup>c</sup>	-	-
	superheated-steaming	6.987±0.249 <sup>a</sup>	117.063±4.166 <sup>a</sup>	1.669±0.055 <sup>a</sup>	112.461±3.685 <sup>a</sup>	-	-
Red cabbage	raw	21.165±0.900 <sup>b</sup>	100.000±4.251 <sup>b</sup>	7.578±0.256 <sup>d</sup>	100.000±3.377 <sup>c</sup>	0.597±0.005 <sup>a</sup>	100.000±0.887 <sup>a</sup>
	stir-frying	22.592±1.631 <sup>b</sup>	100.190±7.235 <sup>b</sup>	8.601±0.104 <sup>c</sup>	106.537±1.290 <sup>c</sup>	0.550±0.004 <sup>b</sup>	77.618±0.928 <sup>c</sup>
	steaming	23.225±0.957 <sup>b</sup>	102.265±4.214 <sup>b</sup>	9.318±0.214 <sup>b</sup>	114.600±2.628 <sup>b</sup>	0.498±0.006 <sup>c</sup>	86.372±0.626 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	30.104±0.407 <sup>a</sup>	139.460±1.886 <sup>a</sup>	11.390±0.426 <sup>a</sup>	147.376±5.506 <sup>a</sup>	0.593±0.023 <sup>a</sup>	97.274±3.838 <sup>a</sup>
Red onion	raw	8.340±0.243 <sup>a</sup>	100.000±2.914 <sup>a</sup>	2.037±0.053 <sup>b</sup>	100.000±2.622 <sup>b</sup>	0.145±0.004 <sup>a</sup>	100.000±2.932 <sup>a</sup>
	stir-frying	7.171±0.317 <sup>b</sup>	76.247±3.374 <sup>b</sup>	2.012±0.037 <sup>b</sup>	87.573±1.593 <sup>c</sup>	0.109±0.002 <sup>c</sup>	66.566±1.448 <sup>d</sup>
	steaming	6.897±0.573 <sup>b</sup>	73.020±6.067 <sup>b</sup>	2.143±0.174 <sup>b</sup>	88.906±4.323 <sup>c</sup>	0.130±0.003 <sup>b</sup>	78.980±1.819 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	9.187±0.351 <sup>a</sup>	102.143±3.902 <sup>a</sup>	2.453±0.007 <sup>a</sup>	111.663±0.336 <sup>a</sup>	0.132±0.002 <sup>b</sup>	84.666±1.535 <sup>b</sup>
Squash	raw	4.122±0.157 <sup>c</sup>	100.000±3.798 <sup>b</sup>	0.550±0.015 <sup>b</sup>	100.000±2.720 <sup>a</sup>	-	-
	stir-frying	5.001±0.069 <sup>b</sup>	104.521±1.440 <sup>b</sup>	0.568±0.006 <sup>ab</sup>	88.949±0.963 <sup>b</sup>	-	-
	steaming	5.232±0.050 <sup>b</sup>	115.622±1.115 <sup>b</sup>	0.584±0.011 <sup>a</sup>	96.696±1.758 <sup>a</sup>	-	-
	superheated-steaming	7.314±0.764 <sup>a</sup>	167.254±17.471 <sup>a</sup>	0.592±0.022 <sup>a</sup>	101.291±3.803 <sup>a</sup>	-	-
Tomato	raw	4.454±0.120 <sup>c</sup>	100.000±2.696 <sup>b</sup>	0.751±0.006 <sup>c</sup>	100.000±0.821 <sup>b</sup>	-	-
	stir-frying	4.783±0.050 <sup>b</sup>	89.142±0.939 <sup>c</sup>	0.787±0.006 <sup>b</sup>	87.255±0.828 <sup>c</sup>	-	-
	steaming	4.421±0.081 <sup>c</sup>	85.268±1.562 <sup>c</sup>	0.753±0.008 <sup>c</sup>	86.184±0.864 <sup>c</sup>	-	-
	superheated-steaming	6.100±0.167 <sup>a</sup>	121.893±3.333 <sup>a</sup>	0.907±0.023 <sup>a</sup>	107.557±2.669 <sup>a</sup>	-	-

<sup>1)</sup>GAE : gallic acid equivalent.

<sup>2)</sup>CE : catechin equivalent.

All values are mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different letters in the same column of each sample are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

&lt;Table 5&gt; The radical scavenging capacity of vegetables by different cooking methods

Sample	Cooking method	ABTS radical (mg GAE <sup>1)</sup> /g)	DPPH radical (mg GAE/g)
Broccoli	raw	1.483±0.008 <sup>c</sup>	0.863±0.004 <sup>c</sup>
	stir-frying	1.395±0.103 <sup>c</sup>	0.823±0.047 <sup>c</sup>
	steaming	2.662±0.029 <sup>b</sup>	1.406±0.013 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	3.305±0.123 <sup>a</sup>	1.669±0.002 <sup>a</sup>
Brussels sprout	raw	0.352±0.017 <sup>c</sup>	0.792±0.031 <sup>c</sup>
	stir-frying	0.323±0.022 <sup>c</sup>	0.739±0.041 <sup>c</sup>
	steaming	0.443±0.010 <sup>b</sup>	0.963±0.018 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	0.613±0.033 <sup>a</sup>	1.280±0.062 <sup>a</sup>
Cabbage	raw	0.952±0.024 <sup>c</sup>	0.570±0.020 <sup>c</sup>
	stir-frying	0.996±0.039 <sup>c</sup>	0.595±0.030 <sup>c</sup>
	steaming	1.294±0.053 <sup>b</sup>	0.773±0.033 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	1.670±0.058 <sup>a</sup>	0.921±0.012 <sup>a</sup>
Eggplant	raw	2.073±0.132 <sup>a</sup>	1.238±0.074 <sup>a</sup>
	stir-frying	0.903±0.041 <sup>c</sup>	0.587±0.023 <sup>c</sup>
	steaming	0.643±0.046 <sup>d</sup>	0.442±0.026 <sup>d</sup>
	superheated-steaming	1.727±0.112 <sup>b</sup>	1.045±0.062 <sup>b</sup>
Green bean	raw	1.562±0.024 <sup>b</sup>	0.747±0.009 <sup>b</sup>
	stir-frying	0.992±0.020 <sup>c</sup>	0.520±0.008 <sup>c</sup>
	steaming	0.953±0.048 <sup>c</sup>	0.506±0.019 <sup>c</sup>
	superheated-steaming	1.679±0.034 <sup>a</sup>	0.793±0.014 <sup>a</sup>
Onion	raw	0.760±0.045 <sup>b</sup>	0.490±0.021 <sup>b</sup>
	stir-frying	0.722±0.018 <sup>b</sup>	0.472±0.008 <sup>b</sup>
	steaming	0.777±0.045 <sup>b</sup>	0.498±0.021 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	1.205±0.034 <sup>a</sup>	0.698±0.016 <sup>a</sup>
Red cabbage	raw	7.286±0.265 <sup>b</sup>	2.524±0.100 <sup>d</sup>
	stir-frying	7.188±0.096 <sup>c</sup>	2.779±0.104 <sup>c</sup>
	steaming	7.829±0.397 <sup>b</sup>	3.016±0.031 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	9.208±0.317 <sup>a</sup>	3.693±0.039 <sup>a</sup>
Red onion	raw	1.712±0.024 <sup>bc</sup>	0.746±0.010 <sup>b</sup>
	stir-frying	1.536±0.045 <sup>c</sup>	0.671±0.047 <sup>c</sup>
	steaming	1.626±0.024 <sup>b</sup>	0.701±0.011 <sup>bc</sup>
	superheated-steaming	2.093±0.074 <sup>a</sup>	0.863±0.053 <sup>a</sup>
Squash	raw	0.863±0.040 <sup>b</sup>	0.514±0.022 <sup>b</sup>
	stir-frying	0.812±0.031 <sup>b</sup>	0.485±0.017 <sup>b</sup>
	steaming	0.804±0.077 <sup>b</sup>	0.481±0.043 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	1.031±0.063 <sup>a</sup>	0.607±0.035 <sup>a</sup>
Tomato	raw	0.653±0.048 <sup>b</sup>	0.397±0.027 <sup>b</sup>
	stir-frying	0.632±0.054 <sup>b</sup>	0.385±0.030 <sup>b</sup>
	steaming	0.636±0.008 <sup>b</sup>	0.386±0.005 <sup>b</sup>
	superheated-steaming	0.922±0.062 <sup>a</sup>	0.547±0.034 <sup>a</sup>

<sup>1)</sup>GAE : gallic acid equivalent.

All values are mean±SD. <sup>a-d</sup>Means with different letters in the same column of each sample are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

에 따른 ABTS와 DPPH 라디칼 소거 활성 변화를 알아보았다<Table 5>. ABTS 라디칼 소거 활성은 가지를 제외한 나머지 채소류에서 과열증기가 가장 높은 소거능을 나타내었다. 특히 적양배추의 과열증기 조리에서 ABTS 라디칼 소거능이 9.208 mg GAE/g으로 가장 높게 나타났으며, 생것에 비해 약 26% 증가하였다. DPPH 라디칼 소거능 또한 ABTS 라디칼 소거능과 유사한 경향으로 적양배추의 과열증기 조리에서 3.693 mg GAE/g의 높은 소거 활성을 나타내었으며, 생것에 비해 약 57% 증가하였다. 한편 가지의 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거 활성의 경우 생것에서 각각 2.073, 1.238 mg GAE/g으로 시료 중에서 가장 높게 나타났으며, 조리 후에는 세 가지 조리방법 중 과열증기에서 각각 1.727, 1.045 mg GAE/g으로 우수한 소거 활성을 보여주었다. 과일과 채소의 규칙적인 섭취는 만성질환의 발생 위험을 줄일 수 있는 것으로 알려져 있는데, 이는 식물에 존재하는 페놀 화합물이 체내의 활성산소에 의해 발생한 산화 스트레스를 감소시켜 항산화 기능을 하는 것과 연관이 있는 것으로 보고되어 있다(Dragsted 2003). 채소를 조리할 경우 조직의 내부 구조가 변화되면서 페놀류의 용출이 증가하거나, 배당체 형태의 페놀이 열에 의해 결합이 끊어지게 되면서 아글리콘 형태의 물질이 증가하게 되고, 이들이 항산화 활성에 기여하는 것으로 알려져 있다(Arkoub Djermoune et al. 2016). Lee et al.(2016)의 연구에서는 150°C에서 과열증기 조리된 양파의 DPPH 및 ABTS 라디칼 소거능이 생것에 비해 우수한 것으로 보고하였다. 이러한 연구결과로 미루어 볼 때, 본 연구에서도 대부분 채소류에서 조리 후에 ABTS와 DPPH 소거능이 증가하여 이전 연구와 유사한 경향을 보여주었다. 뿐만 아니라 본 연구의 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량이 대부분 과열증기에서 증가한 것을 확인하였는데, 조리 후에 증가한 페놀 화합물이 ABTS 및 DPPH 소거 활성의 증가에 영향을 준 것으로 생각된다.

#### IV. 요약 및 결론

본 연구에서는 국내에서 주로 섭취하는 채소류 10가지를 선정하여 볶기, 찜 및 과열증기 조리에서의 수분함량, 색도, 수용성 비타민 및 기능성 성분의 함량과 잔존율 변화를 알아보았다. 채소류의 조리수율은 모든 시료에서 조리 후에 80% 이상으로 유지하였으며, 일부 시료에서는 찜과 과열증기에서 높게 나타났다. 수분함량과 잔존율의 경우 조리방법 중에서 대부분 과열증기에서 우수하게 나타났다. 색도의 경우 명도, 적색도 및 황색도는 조리방법과 시료의 종류에 따른 차이가 일부 시료에서 나타났으며, 종합적인 색 변화를 나타내는  $\Delta E$ 값은 그린빈과 토마토를 제외한 나머지 시료에서 볶기를 하였을 때 낮은 변화를 나타내었다. 채소류의 조리방법에 따른 수용성 비타민 B<sub>1</sub>, 비타민 B<sub>2</sub>, 비타민 B<sub>3</sub> 및 비타민 C의 함량과 잔존율은 대부분 조리 후 감소하였으며,

일부 시료에서는 찜과 과열증기 조리방법에서 90% 이상의 잔존율을 보여주었다. 채소류의 총 폴리페놀과 플라보노이드의 함량 및 잔존율은 일부 시료에서 조리 후에 증가하였으며, 대부분 과열증기 조리에서 높게 나타났다. 채소류 10가지 중에서 총 폴리페놀과 플라보노이드 함량은 적양배추의 과열증기에서 가장 높게 나타났으며, 잔존율의 경우 방울 양배추에서 170% 이상으로 우수한 결과를 보여주었다. 반면 총 안토시아닌의 경우 적양과, 적양배추 및 가지에서만 검출되었으며, 특히 적양배추의 과열증기에 의한 안토시아닌의 파괴는 매우 적은 것을 확인하였다. 뿐만 아니라 항산화능을 나타내는 ABTS 및 DPPH 라디칼 소거능도 대부분 시료에서 과열증기 조리 시 찜과 볶기 조리에 비해 높게 나타났다. 본 연구결과를 종합하였을 때 대부분 시료에서 과열증기 조리 시 영양소 잔존율과 항산화능이 찜과 볶기 조리에 비해 우수하게 나타난 것을 확인하였다. 따라서 채소류의 과열증기를 이용한 조리법은 수용성 비타민 및 기능성 성분들의 잔존율을 높여 생리활성에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대된다.

#### 저자 정보

김윤정(경성대학교 일반대학원 식품생명공학과, 석사과정 대학원생, 00000-0002-1328-5354)

김민주((주)휴롬 바이오식품연구소, 연구원, 0000-0002-0967-2116)

강민정((주)휴롬 바이오식품연구소, 연구원, 0000-0002-4520-6008)

최정민(경성대학교 식품생명공학과, 교수, 0000-0003-2450-3916)

김영화(경성대학교 식품생명공학과, 교수, 0000-0003-4186-887X)

#### 감사의 글

본 연구는 (주)휴롬 바이오식품연구소의 지원으로 수행되었으며, 부산광역시 및 (재)부산인재평생교육진흥원의 BB21 플러스 사업에 의하여 지원되었고 이에 감사드립니다.

#### Conflict of Interest

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

#### References

- Adikari AM, Thamilini J. 2018. Cooking conversion factor of commonly consumed Sri Lankan food items. *MOJ Food Process Technol.*, 6(4):371-374

- Ahn MS. 1999. A study on the changes in physico-chemical properties of vegetables by Korean traditional cooking methods. *J. Korean Soc. Food Cult.*, 14(2):177-188
- Amatsubo T, Hagura Y, Suzuki K. 2006. The effect of superheated steam treatment on the quality of vegetable oils. *Food Sci. Technol. Res.*, 12(2):114-118
- Arkoub-Djermoune L, Boulekbache-Makhlouf L, Zeghichi-Hamri S, Bellili S, Boukhalfa F, Madani K. 2016. Influence of the thermal processing on the physico-chemical properties and the antioxidant activity of a solanaceae vegetable: Eggplant. *J. Food Qual.*, 39(3):181-191
- Blois MS. 1985. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181(4617):1199-1200
- DE Sá MC, Rodriguez-Amaya DB. 2004. Optimization of HPLC quantification of carotenoids in cooked green vegetables- Comparison of analytical and calculated data. *J. Food Compost. Anal.*, 17(1):37-51
- Dragsted. 2003. Antioxidant actions of polyphenols in humans. *Int. J. Vitam. Nutr. Res.*, 73(2):112-119
- Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.*, 12(2):239-243
- Ha JO, Ha TM, Lee JJ, Kim AR, Lee MY. 2009. Chemical components and physiological functionalities of *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts. *J. Korean Sci. Food Sci. Nutr.*, 38(10):1302-1309
- Hou Z, Qin P, Zhang Y, Cui S, Ren G. 2013. Identification of anthocyanins isolated from black rice (*Oryza sativa* L.) and their degradation kinetics. *Food Res. Int.*, 50(2):691-697
- Kähkönen MP, Hopia AI, Vuorela HJ, Rauha JP, Pihlaja K, Kujala TS, Heinonen M. 1999. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 47(10):3954-3962
- Kim BC, Hwang JY, Wu HJ, Lee SM, Cho HY, Yoo YM, Shin HH, Cho EK. 2012. Quality changes of vegetables by different cooking methods. *Culi. Sci. Hos. Res.*, 18(1):40-53
- Kim GP, Lee J, Ahn KG, Hwang YS, Choi Y, Chun J, Chang WS, Chung MG. 2014. Differential responses of B vitamins in black soybean seeds. *Food Chem.*, 153:101-108
- Kim HY, Kim H, Chun J, Chung H. 2017. Changes in  $\beta$ -carotene, vitamin E, and folate compositions and retention rates of pepper and paprika by color and cooking method. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 46(6):713-720
- Kim SH, Hong YA. 2019. 2018 Food balance sheet. Korea Rural Economic Institute, Naju, Korea, pp 1-324
- Ko HJ, Sun TY, Han JA. 2016. Nutritive and antioxidative properties of eggplant by cooking conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 45(12):1747-1754
- Koksal T, Dikbas I. 2008. Color stability of different denture teeth materials against various staining agents. *Dent. Mater. J.*, 27(1):139-144
- Kurilich AC, Tsau GJ, Brown A, Howard L, Klein BP, Jeffery EH, Kushad M, Walling MA, Juvik JA. 1999. Carotene, tocopherol, and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. *J. Agric. Food Chem.*, 47(4):1576-1581
- Lee K, Chung H. 2020. Nutritional compositions and their retention rates of carrots by different cooking methods. *Korean J. Food Preserv.*, 27(3):311-324
- Lee K, Lee H, Choi Y, Kim Y, Jeong HS, Lee J. 2019. Effect of different cooking methods on the true retention of vitamins, minerals, and bioactive compounds in shiitake mushrooms (*Lentinula edodes*). *Food Sci. Technol. Res.*, 25(1):115-122
- Lee MH, Lee KY, Kim A, Heo HJ, Kim HJ, Chun JY, Choi SG. 2016. Effects of superheated steam treatment on volatile compounds and quality characteristics of onion. *Korean J. Food Preser.*, 23(3):369-377
- Lee WJ, Lee CH, Yoo JY, Kim KY, Jang KI. 2011. Sterilization efficacy of washing method using based on micro bubbles and electrolyzed water on various vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 40(6):912-917
- Liang LC, Yang TA, Easa AM, Zzaman W. 2018. Effect of conventional and superheated steam roasting on the total phenolic content, total flavonoid content and DPPH radical scavenging activities of black cumin seeds. *Pertanika J. Trop. Agric. Sci.*, 41(2):663-676
- Lim SJ. 1992. Retention of ascorbic acid in vegetables as influenced by various blanching methods. *Korean J. Soc. Food Sci.*, 8(4):411-419
- Miglio C, Chiavaro E, Visconti A, Fogliano V, Pellegrini N. 2008. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. *J. Agric. Food Chem.*, 56(1):139-147
- Mizgier P, Kucharska AZ, Sokół-Lętowska A, Kolniak-Ostek J, Kidoń M, Fecka I. 2016. Characterization of phenolic compounds and antioxidant and anti-inflammatory properties of red cabbage and purple carrot extracts. *J. Funct. Foods*, 21:133-146
- Morales P, Ferreira ICFR, Carvalho AM, Sánchez-Mata MC, Cámara M, Fernández-Ruiz V, Pardo-de-Santayana M, Tardío J. 2014. Mediterranean non-cultivated vegetables as dietary sources of compounds with antioxidant and biological activity. *LWT-Food Sci. Technol.*, 55(1):389-396
- Murphy EW, Criner PE, Gray BC. 1975. Comparisons of methods for calculating retentions of nutrients in cooked foods. *J. Agric. Food Chem.*, 23(6):1153-1157
- Natella F, Beelli F, Ramberti A, Scaccini C. 2010. Microwave and traditional cooking methods: Effect of cooking on antioxidant capacity and phenolic compounds content of seven vegetables. *J. Food Biochem.*, 34(4):796-810
- Podszędek A, Sosnowska D, Redzynia M, Koziolkiewicz M. 2008. Effect of domestic cooking on the red cabbage hydrophilic antioxidants. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 43(10):1770-1777

- 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(9-10):1231-1237
- Rumm-Kreuter D, Demmel I. 1990. Comparison of vitamin losses in vegetables due to various cooking methods. *J. Nutri. Sci. Vitaminol.*, 36:S7-S15
- Sotome I, Takenaka M, Koseki S, Ogasawara Y, Nadachi Y, Okadome H, Isobe S. 2009. Blanching of potato with superheated steam and hot water spray. *LWT-Food Sci. Technol.*, 42(6):1035-1040
- Suh JH, Paek OJ, Kang YW, Ahn JE, Yun JS, Oh KS, An YS, Park SH, Lee SJ. 2013. Study on the antioxidant activity in the various vegetables. *J. Food Hyg. Saf.*, 28(4):337-341
- Türker N, Erdoğan F. 2006. Effects of pH and temperature of extraction medium on effective diffusion coefficient of anthocyanin pigments of black carrot (*Daucus carota* var. L.). *J. Food Eng.*, 76(4):579-583
- Turkmen N, Poyrazoglu ES, Sari F, Sedat Velioglu Y. 2006. Effects of cooking methods on chlorophylls, pheophytins and colour of selected green vegetables. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 41(3):281-288
- Urquiaga INES, Leighton F. 2000. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biol. Res.*, 33(2):55-64
- Vallejo F, Tomás-Barberán FA, García-Viguera C. 2003. Phenolic compound contents in edible parts of broccoli inflorescences after domestic cooking. *J. Sci. Food Agric.*, 83(14):1511-1516
- Wu X, Zhao Y, Haytowitz DB, Chen P, Pehrsson PR. 2019. Effects of domestic cooking on flavonoids in broccoli and calculation of retention factors. *Heliyon*, 5(3):e01310
- Xiao HW, Bai JW, Sun DW, Gao ZJ. 2014. The application of superheated steam impingement blanching (SSIB) in agricultural products processing-A review. *J. Food Eng.*, 132:39-47
- Yuk T, Sung J, Han HM, Kim Y, Jeong HS, Lee J. 2015. Effect of different cooking methods on phytochemical content and antioxidant capacity of *Platycodon grandiflorum* root. *Food Sci. Biotechnol.*, 24(5):1597-1602
- Zhishen J, Mengcheng T, Jianming W. 1999. The determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chem.*, 64(4):555-559
- Zzaman W, Bhat R, Abedin MZ, Yang TA. 2013. Comparison between superheated steam and convectional roasting on changes in the phenolic compound and antioxidant activity of cocoa beans. *Food Sci. Technol. Res.*, 19(6):949-956
- KHIDI. National nutrition statistics. Available from: <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result10?menuId=MENU01663&gubun=ageall&year=2019>, [accessed 2021.10.19]
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safty). Korea Food Standards Codex. 2021a. Available from: [https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01\\_03.jsp?idx=11003](https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=11003), [accessed 2021.10.19]
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safty). Korea Food Standards Codex. 2021b. Available from: [https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01\\_03.jsp?idx=316](https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=316), [accessed 2021.10.19]
- MFDS (Ministry of Food and Drug Safty). Korea Food Standards Codex. 2021c. Available from: [https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01\\_03.jsp?idx=317](https://www.foodsafetykorea.go.kr/foodcode/01_03.jsp?idx=317) [accessed 2021.10.19]

---

Received January 14, 2022; revised January 27, 2022; accepted February 7, 2022