

## 조리 방법에 따른 자색 당근의 품질 특성 및 항산화능의 변화 - 조리 방법에 따른 항산화 잔존량 -

김시연 · 오현빈 · 이휘림 · †김영순<sup>\*,\*\*</sup>

고려대학교 의생명융합과학과 대학원생, \*고려대학교 의생명융합과학과 교수, \*\*고려대학교 식품영양학과 교수

### Impact of Different Cooking Methods on Food Quality - Retention of Antioxidant Compound in Black Carrot -

Si Yeon Kim, Hyeonbin O, Phyrim Lee and †Young Soon Kim<sup>\*,\*\*</sup>

Graduate Student, Dept. of Integrated Biomedical and Life Sciences, Korea University, Seoul 02841, Korea

<sup>\*</sup>Professor, Dept. of Biosystem & Biomedical Science, Korea University, Seoul 02841, Korea

<sup>\*\*</sup>Professor, Dept. of Food & Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea

#### Abstract

In this paper, quality properties and antioxidant capacity of cooked black carrot has been studied. Five different cooking methods have been applied: microwave (45 sec), boiling (100°C, 14 min), steaming (100°C, 20 min), sous vide (75°C, 80 min), sous-vide (95°C, 30 min). The color value was slightly different ( $p < 0.05$ ), the boiling method was the highest in *L*-value and Sous vide 75°C method was the lowest. The steaming method indicated the highest *a*-value at 5.50. The *b*-value was significantly different between the samples ( $p < 0.05$ ). The microwave method was the highest at 3.49 while the sous vide 95°C method was the lowest at -0.34. No significant difference was observed between the samples when only the moisture content results were considered. The highest pH was observed in samples cooked using the boiling method. The softening (%) was higher when the cooking water was in contact with samples and it was dependent on the temperatures. In addition, this study shows that not only temperature but also cooking time and cooking media are very crucial in the preparation and cooking of black carrot to prevent the loss of the antioxidant compound. In conclusion, the comparison of the quality characteristics and antioxidant properties of black carrots indicated that the most appropriate cooking method is sous-vide method.

Key words: anthocyanin, black carrot, cooking method, polyphenol, quality characteristics

#### 서 론

당근(*Daucus carota* L.)은 뿌리채소의 한 종으로 풍부한 지용성(잔토필, 카로티노이드)과 수용성 항산화 성분(페놀 화합물)을 함유하고 있으며, 재배지 및 재배자에 따라 자색, 빨간색, 노란색 및 흰색 당근이 재배되어 생식 또는 가공한 상태 등 다양한 형태로 소비된다(Simon PW 2000). 그 중 자색 당근(*Daucus carota* L. spp. *sativus* var. *atrorubens* Alef)은 높은

안토시아닌 함량과 풍부한 페놀성 화합물 및 비타민 C, E 등을 함유하고 있어 서양을 비롯해 아시아권까지 수요가 있으며, 생식, 차, 즙, 절임, 국 등으로 섭취된다(Algarra 등 2014). 특히 자색당근의 페놀성 화합물 및 안토시아닌은 심장병, 항암, 항염 등의 작용을 하여 건강에 긍정적인 영향을 미친다(Khoo 등 2017).

그러나 자색 당근에 함유된 안토시아닌 및 페놀성 화합물은 수용성으로 조리수를 이용하여 조리하는 가공과정 중 쉽

<sup>†</sup> Corresponding author: Young Soon Kim, Dept. of Food and Nutrition, Korea University, Seoul 02841, Korea. ORCID:0000-0001-9223-9039, Tel: +82-2-3290-5638, Fax: +82-2-921-7209, E-mail: kteresaa@korea.ac.kr

게 손실된다(Kamiloglu 등 2015). 채소의 조리는 섭취하기 전 조직감의 연화와 전분 및 식이섬유의 소화율을 증가시키기 위해 이루어지며, 저장 중 바람직하지 않은 부패, 변질 등을 억제 및 지연시키고, 안전성을 확보하기 위해 필수불가결한 과정이다(Kim 등 2012; Park 등 2015). 그러나 조리수를 이용한 열처리는 파이토크미칼 성분의 파괴 및 조리수에 의한 용출을 유발한다(Koc 등 2017). 적절한 열처리는 식품에 함유된 항산화 성분의 흡수율을 높이고 저장 품질을 증진시킬 수 있다고 보고되었으나, 채소의 조직을 완전히 연화시킬 경우, 대부분의 영양성분은 감소한다(Kim 등 2004). 또한, Iborra-Bernad 등(2015)의 연구에서는 100°C에 가까운 조리 온도와 산소의 존재는 채소의 항산화 성분을 절반 이상 감소시킨다고 보고하였다.

조리수를 사용하여 채소를 조리하는 방법에는 찌는 법, 삶는 법, 전자레인지 이용하는 방법과 같은 전통적인 방법이 있으며, 최근 들어 수비드기를 이용하여 조리하는 방법 등이 있다(Koc 등 2017). 수비드 조리 방법은 조리수와 직접적인 접촉을 하지 않고 진공포장을 통해 산소를 제거하여 다른 조리 방법에 비해 시료의 조직감 개선과 영양소의 파괴를 감소시킬 수 있다(Iborra-Bernad 등 2015). 당근과 완두콩(Koc 등 2017), 자색감자(Iborra-Bernad 등 2015), 아스파라거스(Gonnella 등 2018), 브로콜리(Zhong 등 2015) 등 조리 방법에 따른 채소의 물성 및 영양성분 변화를 실험한 연구에 따르면 조리수를 사용한 각각의 조리 방법에 따라 채소의 영양성분 및 항산화 성분의 잔존율이 다른 것으로 알려져 있다. 그러나 자색 당근의 조리법에 따른 변화를 조사한 연구는 아직 미비한 실정이다.

따라서 본 연구는 다양한 조리 방법을 적용하여 자색 당근의 조리 시 미치는 영향을 분석하고, 조리 시 파괴되는 항산화 성분의 잔존율을 비교하여 품질을 개선과 자색당근의 영양을 높일 수 있는 최적의 조리 방법에 대한 기초자료를 제공하고자 수행되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 재료 및 조리 방법

본 연구에 사용된 자색 당근은 충남 예산에서 수확한 것으로

크기와 색깔이 균일한 시료를 구입하였다. 조리 방법에 따른 항산화 성분 및 품질 특성을 분석하기 위해 다음과 같이 조리 과정을 진행하였다. 자색 당근은 실험 전 증류수로 세척하고 1.5×1.5×2 cm로 세절하여 전 처리하였다. 각 조리 방법은 Gonella 등(2018)의 연구를 참조하여 Table 1과 같이 설정하였다. 조리 시간은 Bernhardt & Schlich(2006)의 연구를 참조하여 각각의 조리 방법별 당근이 완전히 익는 시간을 고려하여 설정하였다. 전자레인지(RE-440, Samsung, Seoul, Korea)를 사용한 조리 방법의 경우 자색 당근을 전자레인지에 넣고 770 W로 출력하여 45초간 조리 후 시료로 사용하였다. 삶는 조리 방법의 경우 자색 당근을 냄비에 넣고 물이 끓기 시작한 순간부터 14분간 조리하였으며, 찌는 조리 방법의 경우 증기가 올라오기 시작한 순간부터 20분간 조리하였다. 수비드 조리 방법의 경우 수비드기(Sous-vide cooker, fusionch ef by Julabo, Sellbach, Germany)를 사용하여 75°C 및 95°C의 온도에서 각각 80분, 30분을 조리하여 각 시료 표면의 수분을 제거하고 10분간 자연건조 후 시료로 사용하였다.

### 2. 수분함량 및 조리 손실률

조리 방법을 달리한 자색 당근의 수분함량은 각 시료 5 g을 취하여 수분측정기(MB35, OHAUS, Zurich, Switzerland)로 105°C에서 60초간 무게의 변화가 없을 때까지 3회 반복 측정하여 나온 값의 평균을 구하였다. 조리 손실률을 측정하기 위해 조리 전 무게와 조리 후 무게를 각각 3회 측정하여 아래의 식을 통해 평균값을 구하였다.

Cooking loss (%) =

$$\frac{\text{Weight of raw carrot} - \text{weight of cooked carrot}}{\text{Weight of raw carrot}} \times 100$$

### 3. pH

pH를 측정하기 위하여 시료 5 g에 증류수 45 mL를 혼합하고 균질기(Unidrive 1000D, CAT M. Zipperer, Staufen, Germany)로 1분간 균질화 한 혼합물을 30분간 방치하여 상등액만을 취하였다. 상등액을 pH 미터기(SP-701, Suntex instruments. LTD., Taipei, Taiwan)로 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다.

Table 1. Comparison of 5 different cooking methods

	Microwave	Boiling	Steaming	Sous vide (low)	Sous vide (high)
Temperature & time	45 sec	14 min/100°C	20 min/100°C	80 min/75°C	30 min/95°C
Presence of oxygen	Present	Present	Present	Without	Without
Cooking media state	Evaporate water	Boiling water	Boiling water	Liquid water without boiling	Liquid water without boiling

#### 4. 색도 및 외관 촬영

조리 방법을 달리한 자색 당근의 색도는 색차계(CR-400, Minolta, Tokyo, Japan)를 이용하여 표준 백색판과 각각 시료의  $L$ (명도),  $a$ (적색도) 및  $b$ (황색도) 값을 3회 반복 측정하여 평균값을 구하였다. 표준 백색판과 색도의 5회 반복 측정 평균값은  $L$ 값은 96.02,  $a$ 값은 -0.25,  $b$ 값은 1.81이었다.  $\Delta E$ 값은 아래의 공식으로 산출 후 평균을 구하였다. NBS unit은 0~0.5 (trace), 0.5~1.5 (slight), 1.5~3.0 (noticeable), 3.0~6.0 (appreciable), 6.0~12.0 (much), 12.0 이상 (very much)으로 총 6가지 그룹으로 분류된다. NBS(National Bureau of Standards) unit은 Nimeroff I (1968)의 방법을 참고하여 다음의 식을 통해 구하였다.

$$\Delta E = \sqrt{\frac{(L_{sample} - L_{standard})^2 + (a_{sample} - a_{standard})^2 + (b_{sample} - b_{standard})^2}{(b_{sample} - b_{standard})^2}}$$

$$\text{NBS unit} = \Delta E \times 0.92$$

#### 5. 절단강도 및 연화율

조리 방법을 달리한 자색 당근의 절단 강도는 Rheometer (Compac-100II, Sun Scientific Co., Ltd., Tokyo, Japan)를 이용하였다. 측정 조건은 cylinder probe No. 35  $\Phi$ 20 mm를 사용하였고, table speed는 120 mm/min, max weight는 10 kg으로 설정하여 절단강도와 경도를 측정하였다. 연화율은 Koc 등(2017)의 연구를 참고하였으며, 조리 전, 후 자색 당근의 경도를 측정하여 다음과 같은 식을 통하여 평균값을 구하였다.

$$\text{Softening (\%)} =$$

$$\frac{\text{Hardness of raw sample (N)} - \text{Hardness of sample cooked (N)}}{\text{Hardness of raw sample (N)}}$$

#### 6. 항산화 시료 전처리

조리 방법을 달리한 자색 당근은 동결 건조기(FD8508, Ilshin Biobase Co., Ltd, Gyeonggi, Korea)로 120시간 동안 건조하였고, 고속분쇄기(RT-04, Hung Chuan Machinery Enterprise Co., Ltd. Taipei, Taiwan)로 분쇄하였다. 분쇄한 시료 1 g에 에탄올 10 mL를 넣고 5시간 동안 추출한 뒤 4°C에서 4,000 rpm으로 20분간 원심분리(Universal 32R, Hettich, Tuttlingen, Germany) 하여 Whatman No. 1 여과지로 상등액을 여과하여 항산화 실험 시료로 사용하였다.

#### 7. 총 폴리페놀 함량

조리 방법을 달리한 자색 당근의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(Singleton VL 1985)과 Shin 등(2017)을 참고하여 분석하였다. 시료 10  $\mu$ L에 증류수 790  $\mu$ L와 0.9 N Folin-Ciocalteu 시약(Junsei Chemistry, Tokyo, Japan) 50  $\mu$ L를 넣은 후 20% 탄산나트륨(Merck kGaA, Darmstadt, Germany) 용액

150  $\mu$ L를 넣어 암실(25°C)에서 2시간 동안 반응시켰다. 반응물은 microplate reader(Infinite 200 PRO, Tecan, Mannedorf, Switzerland)를 사용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였고, 표준물질로 gallic acid(Merck kGaA)를 사용하였다. 각 시료의 총 폴리페놀 함량을 GAE(gallic acid equivalent)로 나타내었다.

#### 8. 총 플라보노이드 함량

조리 방법을 달리한 자색 당근의 총 플라보노이드 함량은 Chakree 등(2018) 및 Joung 등(2017)의 방법을 응용하여 측정하였다. 시료 1 mL에 5% 아질산나트륨(Junsei Chemistry) 150  $\mu$ L를 혼합하고, 암실(25°C)에서 6분간 반응시켰다. 그 후, 10% 염화알루미늄(Junsei Chemistry) 300  $\mu$ L를 첨가하고, 암실(25°C)에서 5분간 반응시켰다. 반응물은 1 N 수산화나트륨(Daejung Chemicals & Metals, Gyeonggi, Korea) 용액 1 mL를 첨가하고, 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 quercetin(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)을 이용하였으며, 각 시료의 총 플라보노이드 함량을 QE(Quercetin Equivalent)로 나타내었다.

#### 9. 총 안토시아닌 함량

조리 방법을 달리한 자색 당근의 총 안토시아닌 함량은 Park 등(2015)의 방법을 응용하여 측정하였다. 먼저 pH 1.0 완충액과 pH 4.5 완충액을 제조하고 시료를 pH 1 완충액과 pH 4.5 완충액에 각각 1:19의 비율로 혼합시켜 주었다. 각 혼합액을 510 nm와 700 nm에서 측정된 뒤 다음의 식을 사용하여 총 안토시아닌 함량을 나타내었다.

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

$$\text{Anthocyanin (\mu g/mL)} = (A \times \text{MW} \times 1,000 / \epsilon) \times \text{dilution factor}$$

$$\epsilon = 30,175$$

$$\text{MW} = \text{molar weight of cyanidin-3,5-diglucoside} = 611$$

#### 10. Ferric ion radical antioxidant power (FRAP)

FRAP 측정은 Benzie & Strain(1996)의 방법을 응용하였고, 조리 방법을 달리한 자색 당근을 먼저 pH 6.6으로 맞춘 0.2 M의 인산완충액과 1% 페리시안화칼륨용액(Merck kGaA), 10% 트리클로로초산(Sigma-Aldrich Co., Ltd, Mo, USA), 0.1% 염화철 용액(Junsei Chemistry)을 제조하였다. 시료 250  $\mu$ L와 0.2 M 인산완충액 250  $\mu$ L와 1% 페리시안화칼륨용액 250  $\mu$ L를 1 mL 튜브에 섞고 1분간 혼합하여 준 뒤, 50°C에서 30분간 반응시킨 뒤 10% 트리클로로초산용액 250  $\mu$ L를 첨가하여 준다. 제조한 용액 500  $\mu$ L, 증류수 500  $\mu$ L, 0.1% 염화철 용액 100  $\mu$ L를 혼합하여 96 plate에 분주한 후, 700 nm에서 흡광도를 측정하여 평균값을 구하였다.

## 11. 통계처리

실험 결과는 SPSS 통계 프로그램(ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 평균과 표준편차를 계산하였다. 분산분석(ANOVA)을 수행한 후 유의적인 차이가 있는 경우에는  $p < 0.05$  수준에서 Duncan's multiple range test를 실시하여 시료 간의 유의성을 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 조리 방법에 따른 자색 당근의 수분함량 및 조리 손실을

수분함량은 식품의 조직감 및 품질과 관련이 있으며, 식품에 함유된 수분의 감소는 안토시아닌의 플라비리움 양이온이 탈양성자화 되는 속도를 증가시켜 색의 안전성을 감소시킨다(Coutinho 등 2015). 조리 방법을 달리한 자색 당근의 수분함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 시료 간의 수분함량은 유의적인 차이가 없었다( $p < 0.05$ ). 반면 Zhong 등(2015)의 조리 방법을 달리하여 조리한 브로콜리의 연구에서는 수분함량에서 유의적으로 큰 차이가 있어 본 연구의 결과와는 상반되었다. 조리 방법을 달리한 자색 당근의 조리 손실률을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 조리 손실률은 SBC의 조리 손실률이 27.34%로 가장 높고 75BC가 14.88%로 가장 낮아 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 채소의 조리 손실률은 조직감과 밀접한 관련이 있으며, 조리 손실률이 증가할수록 조직감이 질겨진다고 보고되었다(Rji & Ross 1987). Jacobsson 등(2004)은 포장식 식품의 품질 및 조리 손실률에 큰 영향을 미친다는 것을 보고하였으며, 이는 진공 포장을 한 수비드 조리 방법의 조리 손실률이 가장 작다는 본 연구 결과와 일치하

였다. 또한, 조리 시간이 감소할수록 세포막의 파괴가 줄어들어 세포에서 유출되는 즙이 감소한다고 보고하였다(Zhong 등 2015). 반면 Gonnella 등(2018)의 연구에서는 시료를 끓여 조리할 시 조리수가 직접적으로 시료에 접촉해 흡수되어 무게의 증가율이 가장 높게 나타났다고 보고하여 본 연구 결과와 차이를 보였다. 이와 같이 시료 간 수분함량 및 조리 손실률에 차이를 보이는 것은 시료의 종류, 조리 방법, 온도와 시간 등 복합적인 영향에 따른 것으로 판단된다.

### 2. 조리 방법에 따른 자색 당근의 pH

pH는 조직감 및 안토시아닌류의 색 안정성에 영향을 미치는 중요한 요인으로 pH가 산성에 가까울수록 양이온의 형태로 존재하는 안토시아닌의 함량이 증가하여 안전성이 증가하고 pH가 알칼리성에 가까울수록 안토시아닌이 가수분해되어 안정성이 감소한다(Wrolstand & Heatherbell 1968). 안토시아닌류 색소는 산성에 가까울수록 빨간색을 띠며, 알칼리성에 가까울수록 파랑색에 가까워진다(Bakowska-barczak A 2005). 조리 방법을 달리한 자색 당근의 pH 측정한 결과는 Table 2와 같다. pH의 경우 6.52로 BBC가 가장 높은 값을 보였고 95BC가 6.24로 가장 낮은 값을 보였으며 SBC, 75BC가 각각 6.29, 6.27로 낮은 범주에 속했다. 이와 같은 결과는 Kim 등(2012)의 조리 방법에 따른 채소류의 품질 연구에서 시료 간 유의적인 차이를 보이지 않았다는 결과와 차이를 보였다. Kirca 등(2007)은 pH 5.0 이상부터는 안토시아닌의 안정성이 급격히 감소한다고 보고하였다. 또한, 동일한 안토시아닌이라 할지라도 시료의 종류 및 세포 내 pH에 따라 발현되는 색상이 다르게 나타난다(Dao 등 1998). BBC가 가장 높은 pH를

Table 2. Moisture content, pH, softening of black carrot by different cooking method

Properties	Different cooking method					F-value (p-value)
	MBC <sup>1)</sup>	BBC	SBC	75BC	95BC	
Moisture content (%)	88.53±6.11 <sup>NS2)</sup>	84.98±0.29	82.63±0.29	85.45±1.13	84.26±0.35	1.807 (0.204)
Cooking loss	20.15±3.74 <sup>b3)</sup>	22.30±0.96 <sup>b</sup>	27.34±0.85 <sup>a</sup>	14.88±1.19 <sup>c</sup>	15.88±3.17 <sup>c</sup>	14.198 <sup>***</sup> (0.000)
pH	6.44±0.02 <sup>b</sup>	6.52±0.07 <sup>a</sup>	6.29±0.49 <sup>c</sup>	6.27±0.12 <sup>c</sup>	6.24±0.01 <sup>c</sup>	29.940 <sup>***</sup> (0.000)
Softening (%)	91.19±0.64 <sup>b</sup>	96.03±1.16 <sup>a</sup>	93.80±2.59 <sup>ab</sup>	91.20±1.74 <sup>b</sup>	95.30±0.35 <sup>a</sup>	6.568 <sup>**</sup> (0.007)
Cutting force (g/cm <sup>2</sup> )	561.11±298.37 <sup>a</sup>	161.11±117.40 <sup>b</sup>	72.55±44.96 <sup>b</sup>	237.78±64.75 <sup>b</sup>	81.09±16.76 <sup>b</sup>	5.528 <sup>*</sup> (0.013)

<sup>1)</sup> MBC: black carrot treated with microwave, BBC: black carrot treated with boiling, SBC: black carrot treated with steaming, 75BC: black carrot treated with sous vide 75°C, 80 min, 95BC: black carrot treated with sous vide 95°C, 30 min.

<sup>2)</sup> NS: No significant difference.

<sup>3)</sup> a-d Different superscripts indicate there are significant differences between values in a same row according to Duncan's range test ( $p < 0.05$ ).

\*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$ .

보인 것은 조리 시 시료에 흡수된 조리수에 의한 것으로 사료된다. 본 연구 결과, 시료 pH의 유의적 차이는 조리 방법, 온도 및 시간이 영향을 미친 것으로 판단된다.

### 3. 조리 방법에 따른 자색 당근의 연화율 및 절단강도

조직감은 식품의 유효기간, 소비자의 기호도 및 식품의 접목 가능성 등에 영향을 미쳐 중요한 기준이다(Bourne & Malcolm 1978). 조리 방법을 달리한 자색 당근의 연화율을 측정된 결과는 Table 2와 같다. BBC의 경우 96.03%로 가장 높았고 MBC는 91.19% 가장 낮게 나타나 약간의 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 채소의 정도 변화는 수분의 손실과 직접적 연관이 있으며, 수분함량은 세포의 팽창과 수화 정도에 영향을 미쳐 정도에 변화를 준다고 보고되었다(Jacobsson 등 2004). 식품이 연화 되는 정도는 온도, 조리 시간, 조리 매체 등에 영향을 받는다(Iborra-Bernad 등 2015). 또한, Koc 등(2017)의 연구에서는 시료에 가해지는 온도가 높아질수록 시간이 증가할수록 시료의 연화율은 증가하며, 시간보다는 온도에 더 큰 영향을 받는다고 보고하였다. Iborra-Bernad 등(2015)의 연구에서는 수비드 조리 방법이 직접적으로 끓이는 조리 방법보다

더 단단한 조직감을 보여 본 연구 결과와 차이가 있었다. 조리 방법을 달리한 자색 당근의 절단 강도를 측정된 결과는 Table 2와 같다. 절단 강도는 MBC가  $561.11 \text{ g/cm}^2$ 로 가장 높았고, BBC가  $161.11 \text{ g/cm}^2$ , SBC가  $72.55 \text{ g/cm}^2$ , 75BC가  $237.78 \text{ g/cm}^2$ , 95BC가 81.09로 SBC가 가장 낮아 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 채소의 절단 강도는 조리 중 수분의 손실과 밀접한 연관이 있다(Jacobsson 등 2004). 또한, 식품의 포장 재질, 포장 유무에 따라서도 절단 강도에 변화를 유발하며, 산소 농도와 수증기 및 이산화탄소 전송률이 낮을수록 본래의 조직감을 유지할 수 있다고 보고되었다(Rji & Ross 1987). Koc 등(2017)의 연구에서는 당근 조리 시 조리하는 온도가 시간보다 품질에 더 큰 영향을 미친다고 보고하였다. 시료 간 조직감의 차이를 보인 것은 조리 시 온도, 시간 및 포장의 유무가 영향을 미친 것으로 사료된다.

### 4. 조리 방법에 따른 자색 당근의 색도 및 외관

식품의 색은 식품의 주요 품질 특성으로 조리 방법을 달리한 자색 당근의 색도 및 외관 촬영 결과는 Table 3, Fig. 1과 같다. 명도를 나타내는 L값의 경우 BBC가 32.01로 가장 높은

Table 3. Color values of black carrot by different cooking method

Sample	Different cooking method					F-value (p-value)
	MBC <sup>1)</sup>	BBC	SBC	75BC	95BC	
L	31.26±0.97 <sup>a2)</sup>	32.01±0.12 <sup>a</sup>	31.22±0.60 <sup>a</sup>	30.08±0.14 <sup>b</sup>	31.91±0.52 <sup>a</sup>	5.518* (0.013)
a	4.25±0.28 <sup>b</sup>	3.21±0.06 <sup>c</sup>	5.50±0.21 <sup>a</sup>	3.82±0.15 <sup>b</sup>	4.32±0.54 <sup>b</sup>	24.218*** (0.000)
b	3.49±0.19 <sup>a</sup>	0.85±0.00 <sup>c</sup>	1.70±0.09 <sup>b</sup>	0.98±0.05 <sup>c</sup>	0.34±0.55 <sup>d</sup>	83.734*** (0.000)
ΔE	5.06±0.20 <sup>a</sup>	5.14±0.25 <sup>a</sup>	2.77±0.20 <sup>c</sup>	3.36±0.18 <sup>b</sup>	3.60±0.46 <sup>b</sup>	49.175*** (0.000)
NBS unit	4.65±0.18 <sup>a</sup>	4.73±0.23 <sup>a</sup>	2.55±0.02 <sup>c</sup>	3.09±0.17 <sup>b</sup>	3.31±0.42 <sup>b</sup>	49.175*** (0.000)

<sup>1)</sup> MBC: black carrot treated with microwave, BBC: black carrot treated with boiling, SBC: black carrot treated with steaming, 75BC: black carrot treated with sous vide 75°C, 80 min 95BC: black carrot treated with sous vide 95°C, 30 min

<sup>2)</sup> a-d Different superscripts indicate there are significant differences between values in a same row according to Duncan's range test ( $p<0.05$ ). \*  $p<0.05$ , \*\*\*  $p<0.001$ .

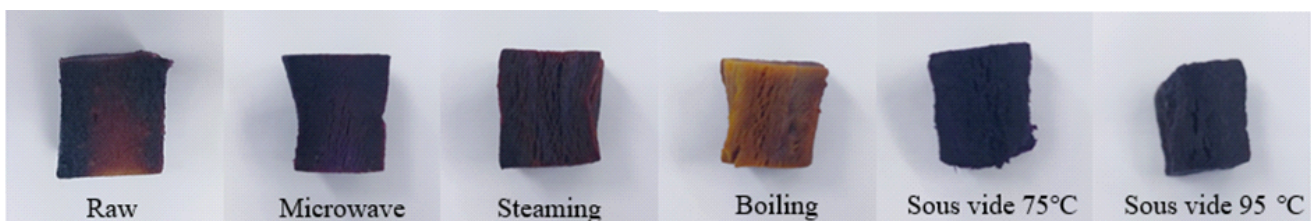


Fig. 1. Photograph of black carrot by different cooking method.



값을 나타내었고, 75BC가 30.08로 가장 낮은 값을 나타내었다. 이와 같은 결과는 Gonnella 등(2015)의 연구에서 수비드 조리 방법과 찌는 조리 방법으로 조리한 시료의 *L*값이 가장 낮고, 전자레인지와 끓이는 조리 방법으로 조리한 시료의 *L*값이 가장 높아 본 연구 결과와 유사하였다. Xu 등(2014)의 연구에서 또한 끓이는 조리 방법을 적용한 시료의 명도가 가장 *L* 값이 높게 나타나 본 연구 결과와 일치하였다. Koc 등(2017)의 연구에서는 끓이는 조리 방법이 수비드 조리 방법을 적용한 시료보다 명도가 높아 끓이는 조리 방법이 진공 처리를 한 시료의 색보다 빨리 분해되어 색의 변화가 크다고 보고하였다. 적색도를 나타내는 *a*값의 경우 MBC가 4.25, BBC가 3.21, SBC가 5.50, 75BC가 3.82, 95BC가 4.32로 SBC가 가장 높았고, BBC가 가장 낮아 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 이는 Zhong 등(2015)의 연구에서도 찌는 조리 방법을 적용한 시료의 *a*값이 가장 높게 나와 본 연구 결과와 일치하였다. 황색도를 나타내는 *b*값의 경우 95BC가 0.34로 MBC가 가장 높았고, 95BC 가장 낮은 값을 보여 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 이와 같은 결과는 Gonnella 등(2018)의 조리 방법을 달리하여 조리한 시료 중 수비드 조리 방법을 적용하여 조리한 시료의 *b*값이 가장 낮고 전자레인지를 사용한 조리 방법의 *b*값 감소율이 가장 적어 본 연구 결과와 일치하였다. 반면, Xu 등(2014)의 연구에서는 조리 방법에 따른 시료의 *b*값 변화는 유의적인 차이가 없어 본 연구 결과와 차이를 보였다.  $\Delta E$  값의 경우 BBC가 5.14, SBC가 2.77로 가장 낮았으며, NBS unit 또한 BBC가 4.73으로 가장 높고, SBC가 2.55로 가장 낮았다.  $\Delta E$ 값은 조리 시간에 영향을 받으며 안토시아닌 성분의 유출과 관련이 있고 Iborra-Bernad 등(2015)의 연구에서 끓이는 조리 방법을 사용한 시료가  $\Delta E$  값이 가장 높

아 본 연구 결과와 일치하였다. 시료 간 색의 차이는 조리 방법에 적용된 시간과 온도의 영향을 받은 것으로 판단되며, 색은 온도에 더 큰 영향을 받는 것으로 사료된다.

#### 5. 조리 방법에 따른 자색 당근의 총 폴리페놀 함량 및 총 플라보노이드 함량

폴리페놀은 페놀 구조를 가진 방향족 화합물로 몇몇 하위 그룹으로 분류되며, 식물체에 특수한 색깔을 부여한다(Tsao R 2010). 폴리페놀은 강력한 항산화능을 가지며, 이는 체내에서 항염, 항암, 항노화 및 항균작용을 한다(Zhang 등 2017; Belscak-Cvitanovic 등 2018). 이러한 폴리페놀의 항산화능은 자우라디칼을 직접적으로 소거하거나 금속 이온을 킬레이트시켜 효소를 저해함으로써 이루어진다(Bors 등 1990). 페놀성 화합물은 항산화능의 주요 성분이고, 항산화 성분이 다량 함유되어 있을수록 항산화능이 증가한다고 알려져 있다(Heimier 등 2006; Shin 등 2018). 조리 방법을 달리한 자색 당근의 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Table 4와 같다. MBC의 총 폴리페놀 함량은 35.20  $\mu\text{g GAE/mg}$ , BBC는 16.17  $\mu\text{g GAE/mg}$ , SBC는 30.76  $\mu\text{g GAE/mg}$ , 75BC는 45.89  $\mu\text{g GAE/mg}$ , 95BC는 41.27  $\mu\text{g GAE/mg}$ 으로 조리 전 시료의 폴리페놀 함량이 52.30  $\mu\text{g GAE/mg}$ 에 비해 75BC가 가장 높았고, BBC가 16.17  $\mu\text{g GAE/mg}$ 으로 가장 낮았다. 본 연구와 같이 직접적으로 끓이는 조리 방법이 가장 낮은 폴리페놀 함량을 가진다는 결과는 Dolinsky 등(2016)의 조리 방법을 달리하여 조리한 채소에서 끓이는 조리 방법이 폴리페놀 잔존율이 가장 낮아 본 연구 결과와 일치하였다. 이는 Dolinsky 등(2016)의 연구에서 조리수를 이용한 직접적 열처리가 채소의 페놀 성분을 분해하여 수용성 항산화 성분의 유출량이 증가하게 되고, 이에 따

**Table 4. Antioxidant power of black carrot by different cooking method**

Properties	Different cooking method						<i>F</i> -value ( <i>p</i> -value)
	Raw	MBC	BBC	SBC	75BC	95BC	
Total phenol content ( $\mu\text{g GAE/mg}$ )	52.30 $\pm$ 0.90 <sup>a</sup>	35.20 $\pm$ 0.73 <sup>bc</sup>	16.17 $\pm$ 6.37 <sup>d</sup>	30.76 $\pm$ 8.67 <sup>c</sup>	45.89 $\pm$ 1.45 <sup>ab</sup>	41.27 $\pm$ 8.91 <sup>bc</sup>	14.634 <sup>***</sup> (0.000)
Total flavonoid content ( $\mu\text{g QE/mg}$ )	18.46 $\pm$ 0.28 <sup>a</sup>	7.11 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup>	6.53 $\pm$ 0.22 <sup>d</sup>	7.18 $\pm$ 0.13 <sup>c</sup>	8.03 $\pm$ 0.19 <sup>b</sup>	8.08 $\pm$ 0.48 <sup>b</sup>	884.199 <sup>***</sup> (0.000)
Total anthocyanin content ( $\text{mg}/100 \text{ g} \cdot \text{FW}$ )	51.60 $\pm$ 0.54 <sup>a</sup>	30.64 $\pm$ 2.08 <sup>b</sup>	4.45 $\pm$ 1.21 <sup>e</sup>	13.50 $\pm$ 0.94 <sup>c</sup>	9.99 $\pm$ 3.04 <sup>d</sup>	10.53 $\pm$ 1.07 <sup>cd</sup>	329.084 <sup>***</sup> (0.000)
Ferric ion radical antioxidant power	2.61 $\pm$ 0.04 <sup>a</sup>	1.21 $\pm$ 0.15 <sup>bc</sup>	0.85 $\pm$ 0.03 <sup>d</sup>	1.07 $\pm$ 0.08 <sup>c</sup>	1.26 $\pm$ 1.15 <sup>b</sup>	1.26 $\pm$ 0.03 <sup>b</sup>	131.463 <sup>***</sup> (0.000)

<sup>1)</sup> MBC: black carrot treated with microwave, BBC: black carrot treated with boiling, SBC: black carrot treated with steaming, 75BC: black carrot treated with sous vide 75°C, 80 min, 95BC: black carrot treated with sous vide 95°C, 30 min.

<sup>2)</sup> <sup>a-d</sup> Different superscripts indicate there are significant differences between values in a same row according to Duncan's range test ( $p < 0.05$ ).

\*\*\*  $p < 0.001$ .

라 가장 낮은 페놀 함량을 나타내는 것으로 판단된다고 보고 하였다. 또한, Filipiak-Florkiewicz 등(2012)의 연구에서 조리 방법 중 수비드 조리 방법을 적용한 시료의 폴리페놀 잔존율이 가장 높아 본 연구 결과와 일치하였다. 본 연구 결과, 75BC가 75°C에서 80분 간 가장 긴 시간 동안 조리했음에도 불구하고 가장 높은 폴리페놀 함량을 나타내어 자색 당근의 폴리페놀은 조리 시간보다 온도와 조리 매체의 접촉에 더 큰 영향을 받는 것으로 판단된다. 플라보노이드는 크게 5가지 그룹 즉 플라바놀, 플라바논, 플라보놀, 플라본, 이소플라본으로 분류되며, 폴리페놀의 하위그룹이다(Xin Y 2002). 플라보노이드는 체내에서 면역조절 속성과 항산화 작용뿐만 아니라, 다종의 추정 생리활성을 가져 중요한 영향을 미친다(Zeinali 등 2017). 조리 방법을 달리한 자색 당근의 총 플라보노이드 함량을 측정할 결과는 Table 4와 같다. 총 플라보노이드 함량의 경우 조리 전 시료가 18.46 µg QE/mg으로 상대적으로 95BC가 8.08 µg QE/mg으로 가장 높은 함량을 보였고, BBC가 6.53 µg QE/mg으로 가장 낮게 나타나 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 이는 조리 방법을 달리하여 조리한 양파(Ioku 등 2001)의 연구에서 끓이는 조리 방법이 플라보노이드 잔존율이 가장 낮아 본 연구 결과와 일치하였으나, 전자레인지 조리 방법의 플라보노이드 함량이 조리 전보다 조리 후가 증가하여 본 연구 결과와 약간의 차이를 보였다. 본 연구 결과 자색 당근의 플라보노이드 함량은 온도와 시간뿐만 아니라, 조리 매체의 접촉 방법도 영향을 미치는 것으로 판단된다.

#### 6. 조리 방법에 따른 자색 당근의 총 안토시아닌 함량

안토시아닌의 안정성은 pH, 온도, 빛, 산소의 유무, 금속 등이 영향을 미치는 정도에 의해 결정되며, 플라비륨 이온이라고도 불린다(Khoo 등 2017). 조리 방법을 달리한 자색 당근의 총 안토시아닌 함량을 측정할 결과는 Table 4와 같다. 총 안토시아닌 함량은 조리 전 시료인 51.60으로 상대적으로 MBC가 30.64가 가장 높았고, BBC가 4.45로 가장 낮아 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). Iborra-Bernad 등(2015)의 연구에서는 조리 시간이 증가할수록 시료의 세포벽 파괴로 인한 안토시아닌의 유출량이 증가한다고 보고하였다. 또한, Volden J(2008)의 조리 방법을 달리하여 조리한 연구에서도 직접적으로 조리수와의 접촉이 없는 조리 방법이 안토시아닌 함량 보존율이 높다고 보고하였다. Xu 등(2014)의 연구에서는 끓이기 > 전자레인지 > 찌기 순으로 손실률이 높아 본 연구 결과와 유사하였다. 조리 후 자색 당근의 안토시아닌 함량은 MBC가 가장 적은 시간을 조리하고 가장 높은 함량을 나타내어 조리온도보다 시간에 더 큰 영향을 받으며, 산소의 유무와 조리 매체 접촉 방법도 잔존율에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

#### 7. 조리 방법에 따른 자색 당근의 FRAP

FRAP은 593 nm에서 철 3가를 2가로 환원시켜 짙은 파란색을 띠는 특성 띠는 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ)가 상호 교환하는 것을 순차적으로 모니터링하여 free radical을 환원시키는 측정 방법이다(Benzie & Strain 1996). 조리 방법을 달리한 자색 당근의 FRAP 측정 결과는 Table 4와 같다. FRAP의 경우, 조리 전 시료의 FRAP의 측정 결과인 2.61과 비교하여 75BC와 95BC가 1.26으로 가장 높았고, BBC가 0.85로 가장 낮은 값을 보여 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 채소는 열을 가하거나, 껍질을 벗기거나, 다지는 등 가공할 때 열 분해, 산화 등이 유발되어 항산화능이 저하된다고 알려져 있다(Koc 등 2017). 이와 같은 결과는 Park 등(2015)의 연구에서 삶는 조리 방법이 시료의 FRAP 결과가 가장 높아 본 연구 결과와 상반되었으며, Dolinsky 등(2016)의 연구에서 시료 간 조리 방법에 따른 유의적인 차이가 없었다는 결과와는 차이가 있었다. Renna 등(2014)의 연구에서는 수비드 조리법을 이용한 채소의 항산화능이 다른 조리법에 비해 높게 나타났으며, Xu 등(2014)의 연구에서는 끓이는 조리법이 가장 낮은 항산화능을 보여 본 연구와 일치하였다. 본 연구 결과, FRAP의 차이는 폴리페놀 및 플라보노이드 함량과 유사한 경향으로 시료 자체의 페놀성 화합물의 함량 차이, 온도 및 시간 등이 영향을 미친 것으로 사료되며, 시간보다 온도가 비교적 더 큰 영향을 미치는 것으로 판단된다.

### 요약 및 결론

본 연구는 조리 방법에 따른 자색 당근의 품질 특성 및 항산화 성분 함량 및 항산화능의 변화를 확인하고자 하였다. 조리 방법은 전자레인지, 끓이기, 찌기, 수비드의 경우, 75°C, 95°C로 온도를 다르게 설정하여 이용하였으며, 설정된 시간에 따라 5가지 방법을 이용하여 조리 후 분석하였다. 조리 방법을 달리하여 조리한 자색 당근의 수분함량은 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 수분 손실률의 경우 찌는 방법이 가장 높고, 수비드 조리 방법이 가장 낮았다. pH는 끓이는 조리 방법이 6.24로 가장 높았고, 95°C 조리 방법이 6.52로 가장 낮았다( $p < 0.05$ ). 자색 당근의 연화율은 끓이는 조리 방법이 96.03%로 가장 높았으며, 전자레인지 조리 방법이 91.19%로 가장 낮아 시료 간 약간의 차이를 보였다. 절단 강도는 전자레인지 조리 방법이 561.11 g/cm<sup>2</sup>로 가장 높았고, 찌는 방법이 72.55로 가장 낮아 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 색도의 경우 L값은 끓이는 방법이 32.01로 가장 높았고, 수비드 75°C 조리 방법이 가장 낮아 시료 간 유의적으로 약간의 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). a값은 찌는 방법이 5.50으로 가장 높았고, 끓이는 방법이 3.21로 가장 낮아 시료 간 유의적인 차이

를 보였다( $p < 0.05$ ). 또한,  $b$ 값의 경우 전자레인지 조리 방법이 3.49로 가장 높았고, 수비드 95°C 조리 방법이 가장 낮아 유의적으로 시료 간 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 총 폴리페놀 함량의 경우 조리 전 시료에 비해 수비드 75°C 조리 방법이 45.89  $\mu\text{g GAE/mg}$ 으로 잔존율이 가장 높았고, 끓이는 조리 방법이 16.17  $\mu\text{g GAE/mg}$ 로 가장 낮았다. 총 플라보노이드 함량의 경우 폴리페놀 함량과 유사한 경향으로 95°C 조리 방법이 8.08  $\mu\text{g QE/mg}$ 으로 잔존율이 가장 높았고, 끓이는 조리 방법이 6.53  $\mu\text{g QE/mg}$ 으로 가장 낮았으며, 시료 간 유의적인 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 안토시아닌 함량의 경우, 전자레인지 조리 방법이 30.64  $\text{mg}/100 \text{g} \cdot \text{FW}$ 로 가장 높았고, 끓이는 조리 방법이 13.50  $\text{mg}/100 \text{g} \cdot \text{FW}$ 로 가장 낮았으며, 전자레인지 조리 방법이 가장 높은 함량을 보였다. FRAP의 경우 끓이는 조리 방법이 0.85로 가장 낮았고, 수비드 75°C, 95°C이 조리 방법이 각각 1.26으로 가장 높았다. 이상의 결과를 종합하였을 때 항산화 성분 함량은 조리 방법과 시간 및 온도, 산소의 존재 유무에 따라 변이가 큰 것으로 나타났다. 조리 후 폴리페놀, 플라보노이드, FRAP, 안토시아닌의 결과 및 조직감 고려하였을 때 항산화 성분의 잔존율을 높이기 위한 조리 방법으로는 수비드 조리 방법이 적절한 것으로 판단되며, 추후 연구의 기초자료로 활용이 가능할 것으로 기대된다.

## References

- Algarra M, Fernades A, Mateus N, De Freitas V, Joaquim CG, Silva ED, Casado J. 2014. Anthocyanin profile and antioxidant capacity of black carrots (*Daucus carota* L. ssp. *sativus* var. *atrorubens* Alef.) from Cuevas Bajas, Spain. *J Food Compos Anal* 33:71-76
- Bakowska-barczak A. 2005. Acylated anthocyanins as stable, natural food colorants - A review. *Pol J Food Nutr Sci* 14:107-116
- Belscak-Cvitanovic A, Durgo K, Hudek A, Bacun-Druzina V, Komes D. 2018. Overview of polyphenols and their properties. *Polyphen: Prop Recovery Appl* 34:3-44
- Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": The FRAP assay. *Anal Biochem* 239:70-76
- Bernhardt S, Schlich E. 2006. Impact of different cooking methods on food quality: Retention of lipophilic vitamins in fresh and frozen vegetables. *J Food Eng* 77:327-333
- Bors W, Heller W, Michel C, Saran M. 1990. Flavonoids as antioxidants: Determination of radical-scavenging efficiencies. *Methods Enzymol* 186:343-355
- Bourne MC, Malcolm C. 1978. Texture profile analysis. *Food Technol* 32:62-66
- Chakree K, Settharaksa S, Siripongvutikorn S. 2018. Evaluation of total phenolic and flavonoid contents, antioxidant and antiinflammatory activities of aqueous extract from Keanghleung paste extract and its ingredients. *Int Food Res J* 25:2435-2443
- Coutinho IB, Freitas A, Macanita AL, Lima JC. 2015. Effect of water content on the acid - base equilibrium of cyanidin-3-glucoside. *Food Chem* 172:476-480
- Dao LT, Takeoka GR, Edwards RH, Berrios JDJ. 1998. Improved method for the stabilization of anthocyanidins. *J Agric Food Chem* 46:3564-3569
- Dolinsky M, Agostinho C, Ribeiro D, Rocha GDS, Barroso SG, Ferreira D, Fialho E, Polinati R, Ciarelli G, Fialho E. 2016. Effect of different cooking methods on the polyphenol concentration and antioxidant capacity of selected vegetables. *J Culin Sci Technol* 14:1-12
- Filipiak-Florkiewicz A, Florkiewicz A, Cieslik E, Walczycka M, Kapusta-Duch J, Leszczynska T. 2012. Influence of hydrothermal treatment on dietary fiber and phenolic compounds content as well as antioxidative activity of legumes seeds. *Acta Sci Pol Technol Aliment* 11:355-362
- Gonnella M, Durante M, Caretto S, D'Imperio M, Renna M. 2018. Quality assessment of ready-to-eat asparagus spears as affected by conventional and sous-vide cooking methods. *LWT-Food Sci Technol* 92:161-168
- Heimler D, Vignolini P, Dini MG, Vincieri FF, Romani A. 2006. Antiradical activity and polyphenol composition of local Brassicaceae edible varieties. *Food Chem* 99:464-469
- Iborra-Bernad C, Garcia-Segovia P, Martinez-Monzo J. 2015. Physico chemical and structural characteristics of vegetables cooked under sous vide, cook vide, and conventional boiling. *J Food Sci* 80:1725-1734
- Ioku K, Aoyama Y, Tokuno A, Terao J, Nakatani N, Takei Y. 2001. Various cooking methods and the flavonoid content in onion. *J Nutr Sci Vitaminol* 47:78-83
- Jacobsson A, Nielsen T, Sjöholm I. 2004. Effects of type of packaging material on shelf-life of fresh broccoli by means of changes in weight, colour and texture. *Eur Food Res Technol* 218:157-163
- Joung KY, Song KY, O HB, Zhang YY, Shin SY, Kim YS. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of cookies containing teff (*Eragrostis tef*) flour. *Korean J Food Nutr*



- 30:501-509
- Kamiloglu S, Pasli AA, Ozcelik B, Van Camp J, Capanoglu E. 2015. Colour retention, anthocyanin stability and antioxidant capacity in black carrot (*Daucus carota*) jams and marmalades: Effect of processing, storage conditions and *in vitro* gastrointestinal digestion. *J Func Foods* 13:1-10
- Khoo HE, Azrina A, Tang ST, Lim SM. 2017. Anthocyanidins and anthocyanins: Colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food Nutr Res* 61:1361779
- 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. *Korean J Culin Res* 18:40-53
- Kim YD, Kim KM, Hur CK, Kim ES, Cho IK, Kim KJ. 2004. Antimicrobial activity of garlic extracts according to different cooking methods. *Korean J Food Preserv* 11:400-404
- Kirca A, Ozkan M, Cemeroglu B. 2007. Effects of temperature, solid content and pH on the stability of black carrot anthocyanins. *Food Chem* 101:212-218
- Koc M, Baysan U, Devseren E, Okut D, Atak Z, Karatas H, Kaymak-Ertekin F. 2017. Effects of different cooking methods on the chemical and physical properties of carrots and green peas. *Innov Food Sci Emerg Technols* 42:109-119
- Nimeroff I. 1968. Colorimetry. National Bureau of Standards Monograph no. 104. Washington DC, p.47
- Park WS, Kim HJ, Chung HJ, Chun MS, Kim ST, Seo SY. 2015. Changes in carotenoid and anthocyanin contents, as well as antioxidant activity during storage of lettuce. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 44:1325-1332
- Renna M, Gonnella M, Giannino D, Santamaria P. 2014. Quality evaluation of cook chilled chicory stems (*Cichorium intybus* L., Catalogna group) by conventional and sous vide cooking methods. *J Sci Food Agric* 94:656-665
- Rij RE, Ross SR. 1987. Quality retention of fresh broccoli packaged in plastic films of defined CO<sub>2</sub> transmission rates. *Packaging Technol* 17:22-23
- Shin SY, O HB, Jeong KY, Kim YS. 2018. Quality characteristics and retrogradation properties of baked rice donut with psyllium (*Plantago ovata* Forsk) seed husk. *Korean J Food Nutr* 31:367-377
- Shin SY, Song KY, O HB, Joung KY, Kim YS. 2017. Quality characteristics and antioxidant activities of *Sulgidduck* with roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) calyx powder. *Korean J Food Nutr* 30:226-235
- Simon PW. 2000. Domestication, historical development, and modern breeding of carrot. *Plant Breed Rev* 19:157-190
- Singleton VL. 1985. Citation classic-colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Curr Cont Agric Bio Environ Sci* 48:18-18
- Tsao, R. 2010. Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients* 12:1234-1246
- Volden J, Borge GIA, Bengtsson GB, Hansen M, Thygesen IE, Wicklund T. 2008. Effect of thermal treatment on glucosinolates and antioxidant-related parameters in red cabbage (*Brassica oleracea* L. ssp. *capitata* f. *rubra*). *Food Chem* 109:595-605
- Wrolstad RE, Heatherbell DA. 1968. Anthocyanin pigments of rhubarb, Canada Red. *J Food Sci* 33:592-594
- Xin Y. 2002. Natural food pigment and its function. *China Food Addit* 5:1-3
- Xu F, Zheng Y, Yang Z, Cao S, Shao X, Wang H. 2014. Domestic cooking methods affect the nutritional quality of red cabbage. *Food Chem* 161:162-167
- Zeinali M, Rezaee SA, Hosseinzadeh H. 2017. An overview on immunoregulatory and anti-inflammatory properties of chrysin and flavonoids substances. *Biomed Pharmacother* 92:998-1009
- Zhang YY, Song KY, O HB, Joung KY, Shin SY, Kim YS. 2017. Effect of pomegranate (*Punica granatum* L.) peel powder on the quality characteristics, retrogradation and antioxidant activities of sponge cake. *Korean J Food Nutr* 30:578-590
- Zhong X, Dolan KD, Almenar E. 2015. Effect of steamable bag microwaving versus traditional cooking methods on nutritional preservation and physical properties of frozen vegetables: A case study on broccoli (*Brassica oleracea*). *Innovative Food Sci Emerg Technol* 31:116-122

---

Received 11 February, 2019

Revised 18 February, 2019

Accepted 28 February, 2019