

조리조건에 따른 가지(*Solanum melongena* L.)의 영양 및 항산화 특성 연구

고현정 · 손천우 · 한정아

상명대학교 외식영양학과

Nutritive and Antioxidative Properties of Eggplant by Cooking Conditions

Hyun-Jung Ko, Tian Yu Sun, and Jung-Ah Han

Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University

ABSTRACT The nutritive and antioxidative properties of eggplant by cooking conditions based on hardness range were evaluated. Three cooking methods (boiling, microwaving, and steaming) with three different times were used, and cooked eggplant was freeze-dried for analysis. For color of peel, fading was most observed during boiling and least during steaming. Although raw eggplant showed high free radical scavenging activity based on 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl and total polyphenol contents, both were further increased upon steaming but significantly decreased upon boiling. The amount of chlorogenic acid in eggplant increased upon steaming and decreased upon boiling or microwaving. Notable cell wall collapse was observed in the microwaved sample compared to the other two cooking methods. Calcium elution from tissues or the cell wall was observed in all samples, and the amount significantly increased with cooking time, especially by steaming.

Key words: eggplant, cooking condition, antioxidative properties, chlorogenic acid, calcium amount

서 론

과일과 채소가 풍부한 식사는 항염증, 항암, 항산화 효과가 탁월해 노화를 지연시킬 뿐 아니라 생활습관과 관련된 질병, 즉 심혈관 질환, 동맥 경화, 암, 당뇨병, 백내장, 인지 기능 장애와 알츠하이머를 포함한 신경학적 질병을 감소시킨다는 결과들이 보고되어 왔다(1,2). 그러나 이러한 식재료들에 열처리하게 되면 산화에 의한 색소의 변화와 손실, 수용성 성분의 용출 등이 일어나게 되며(3), 특히 수용성 항산화 물질로 알려진 안토시아닌의 경우 온도, pH, 산소, 기타 여러 요소에 민감하다는 보고가 있다(4). 일반적으로 채소류는 열을 가하는 조리할 경우 영양소가 파괴될 것으로 여겨져 왔으나 최근 연구들에 의하면 반드시 그렇지 않으며, 항산화 특성의 경우는 조리 후 오히려 증가한다는 결과가 보고되고 있다(5-7).

가지(*Solanum melongena* L.)는 가지과(Solanaceae)의 식물로서 다양한 요리에 쓰이는데, 물성이 연하므로 고령자들이 선호하는 식재료이다. 또한, phytochemicals과 nutraceuticals이 풍부하고 phenolic acids를 다량 함유하고 있어 항산화 특성이 우수하며(8), 고령자들의 면역력 향상에

도 도움이 된다고 보고된 바 있다(9). 또한, 가지 추출물은 종양의 성장 및 전이에 필요한 혈관발달을 억제하고(10) 아테롬성 동맥경화증을 일으킬 수 있는 염증 억제에도 효과적이며(11), 특히 가지의 chlorogenic acid는 유전형과 관계 없이 주된 페놀성 항산화 물질인 것으로 알려져 있다(12).

최근 많은 연구가 식재료의 조리조건을 달리하여 영양성분의 변화와 항산화 특성을 측정, 비교하고 있으나, 조리조건을 어떻게 설정했는지에 대한 명확한 기준을 제시하고 있지는 않다. 예를 들어 Scalzo 등(13)은 세 종류 유전형의 가지를 대상으로 boiling 10분과 grilling 4~5분 조리 후 가지의 항산화 특성 및 polyphenol 함량을 측정했으며, Zaro 등(14)은 가지를 대상으로 5가지 조리법(전자레인지 10분, baking 40분, grilling 14분, steaming 10분, pressure cooking 2분)을 사용하였고, Arkoub-Djermoune 등(15)은 3가지 조리법(frying 20분, grilling 30분, baking 50분) 등을 사용하여 조리 후 식품의 특성을 비교하였으나, 조리의 종결점을 어떻게 결정했는지에 대한 근거나 설명은 없다. 중요한 식품성분의 변화는 주로 시간, 온도, 열처리 방법 등의 조리조건에 따라 달라지며(16) 총폴리페놀 함량에도 영향을 미치기 때문에(17), 조리조건에 따른 식품성분 변화를 비교하는 경우 종결 시점에 대한 기준이 있어야 정확한 품질 비교가 가능할 것이다. 최근에는 채소류를 비타민이나 무기질 급원 식품으로 간주하는 것 이외에 함유된 기능성 물질을 추출하여 항산화 활성과 기능성을 탐색 후, 고부가가치 제품으로 개발하고자 하는 노력이 활발히 진행되고 있는

Received 29 August 2016; Accepted 19 September 2016

Corresponding author: Jung-Ah Han, Department of Foodservice Management and Nutrition, Sangmyung University, Seoul 03016, Korea

E-mail: vividew@smu.ac.kr, Phone: +82-2-2287-5357

므로 적절한 열처리 이후의 식품 내 기능성 성분의 함량 변화를 알아보는 일은 매우 중요하다.

본 연구에서는 동일한 경도 범위를 갖도록 여러 조리조건에서 처리한 가지의 항산화 및 영양 특성을 비교하고자 하였다. 사전에 65세 이상 고령자 30명을 대상으로 예비실험을 수행하여 고령자들의 저작능력에 따라 조리 후의 식품의 경도를 세 단계-일반(I), 연화 1단계(II), 연화 2단계(III)-로 구분하였으며, 가정에서 많이 사용하는 조리법인 끓이기, 찌기, 그리고 전자레인지기를 이용한 조리방법을 선정, 각 조리방법에서 I~III 단계별 동일한 경도 범위에 도달하는 시간을 조리 종결점으로 정하고 각 조건에서 조리 후의 가지의 영양 및 항산화 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 연구에서 사용한 가지는 2015년 서울시 종로구의 한 마켓에서 구입하여 흐르는 물에 세척 후 껍질을 포함하여 0.7 cm의 정육면체 모양으로 잘라 준비하였으며, 색도측정용 시료는 1×5×5 cm로 준비하였다.

조리조건을 달리한 시료준비

끓이기, 찌기, 전자레인지 조리방법을 이용하여 익힘 정도에 따라서 경도를 세 단계로 구분하였으며, 각 경도에 도달하는 조리방법별 조리시간은 Table 1과 같다. 끓이기의 경우, 시료 100 g을 끓는 증류수 1,000 mL에 넣고 각 단계에 해당하는 시간 동안 조리하였으며, 찌기는 시료 100 g을 증류수 500 mL가 담겨있는 냄비 속 찜기에 반혀 담고 뚜껑을 닫고 각각 조리시간에 맞춰 조리하였다. 전자레인지 조리법은 가지 100 g을 전자레인지용 용기에 넣고 시료가 모두 잠기도록 증류수 150 mL를 부은 뒤 랍을 켜워 전자레인지(MD-203 CC, LG Co., Seoul, Korea)를 이용, 각 조리시간에 맞춰 조리하였다. 조리가 완료된 시료는 잔열에 의한 변화를 막기 위해서 흐르는 찬물에 빠르게 식혀 종이 타올로 물기를 제거하였다. 물기를 제거한 시료는 -20°C의 냉동실에서 냉동 후 동결 건조하였다. 건조된 가지는 분쇄기(HMF-3100S, Hanil Electric, Seoul, Korea)로 분쇄한 후 분석

시까지 냉동 보관하였다.

조직감 측정

조건별 조리가 완료된 시료는 Texture analyzer(TA-XT2, Stable Micro Systems, Surrey, UK)를 사용하여 조직감을 측정하였다. 2회 반복 압착 시 시료의 조직감을 경도(hardness), 부착성(adhesiveness), 탄력성(springiness), 응집성(cohesiveness), 씹힘성(chewiness)으로 나타내었다. 조직감은 10 mm cylinder probe를 사용하여 compression mode로 측정하였으며, 측정 시 pre/test/post speed는 각각 1.0, 2.0, 10.0 mm/s, distance는 70%였다.

색도 측정

가지는 껍질과 과육 부분의 색이 매우 다르므로 변화가 큰 껍질 부분의 색도를 색차색도계(CR-300, Minolta Co., Ltd., Osaka, Japan)를 이용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a), 황색도(yellowness, b)를 측정하였다. 시료당 7회 반복하여 측정된 뒤 평균값으로 구하였다. 이때 사용한 표준 백색판(standard plate)은 L*=96.60, a*=0.24, b*=1.97이었다.

유리라디칼 소거능 활성 측정

가지의 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl) 라디칼 소거능은 Blois법(18)을 참고하여 수소공여 효과를 측정하였다. 즉 가루 상태의 시료 0.5 g에 99% 에탄올 9.5 mL를 가해 5% 농도의 용액을 만든 후, 그 용액 100 µL에 에탄올 100 µL, 200 µM DPPH 용액 800 µL를 가한 뒤 1분간 잘 섞어 주었다. 혼합된 용액을 37°C로 예열한 수조(5510E-DTH, Branson, Danbury, CT, USA)에서 40분간 반응시킨 후 517 nm에서 분광광도계(UV-160A, Shimadzu Co., Kyoto, Japan)를 이용해 흡광도를 측정하였다. 시료군은 대조군에 비해 감소한 흡광도를 각각 측정하여 라디칼 소거능을 백분율로 나타내었다.

$$\text{Inhibition rate (\%)} = \frac{\text{음성 대조군의 흡광도} - \text{시료군의 흡광도}}{\text{대조군의 흡광도}} \times 100$$

Table 1. Classification of the eggplant hardness depending on cooking conditions

| Materials | Cooking method and equipment | Hardness step (cooking time, min) | Classification of hardness steps |
|-----------|------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Eggplant | Boiling in stainless pan | I (2) | Step I (normal diet): ≥70,000 N/m ² |
| | | II (4) | |
| | | III (8) | |
| | Microwaving in microwave | I (6) | Step II (softening I): 30,000 ≤ hardness ≤ 69,999 N/m ² |
| | | II (10) | |
| | | III (14) | |
| | Steaming in steamer | I (9) | Step III (softening II): ≤29,999 N/m ² |
| | | II (12) | |
| | | III (17) | |

시료추출과 총폴리페놀 함량 측정

각 조리조건에서 조리 후 동결 건조된 가지 가루 1 g에 35~40°C에서 보관한 용매(에탄올 : 증류수 : 염산=7:3:2) 9 mL를 가한 후 3시간 동안 방치하였다. 이후 3,000 rpm으로 15분간 원심분리 하여 상층액을 추출하였고, 이 과정을 한번 더 반복하여 1, 2차 추출의 상층액을 모아 총폴리페놀 함량 측정을 위한 시료로 사용하였다. 가지 추출물의 총폴리페놀 함량 분석은 Folin-Denis 법(19)에 의해 50% Folin-Ciocalteu reagent(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)를 이용하여 측정하였다. 시료 50 µL에 1 N의 Folin-Ciocalteu reagent 용액 25 µL를 가한 후 상온에서 5분간 방치하였다. 이후 12.8%의 sodium carbonate 용액 125 µL를 가하고 암실에서 40분 동안 방치시킨 후, 1분간 원심분리하고 나서 상층액을 분광광도계(iMARK microplate absorbance reader, Bio-Rad, Tokyo, Japan)를 이용하여 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하여 검량선을 작성, 시료 무게 g 중 mg의 gallic acid로 나타내었다.

총클로로겐산 함량 분석

시료에 함유된 클로로겐산(chlorogenic acid) 함량은 Scalzo 등(13)의 방법을 참고하여 HPLC로 분석하였다. 시료는 메탄올/에틸아세테이트(1:1, v/v)로 용출 후, 0.45 µm membrane filter(Toyo Roshi Kaisha, Tokyo, Japan)로 여과하여 LTQ XL mass spectrometer가 연결된 HPLC system(Ultimate 3000 model, Thermo Fisher Scientific, Sunnyvale, CA, USA)에 주입하였다. 용매는 용출 시와 동일한 메탄올/에틸아세테이트(1:1, v/v)를 사용하였고, 주입된 시료량은 10 µL, 칼럼은 C18(Phenomenex, Torrance, CA, USA), 유속은 분당 1 mL였다. 표준물질로는 chlorogenic acid(Sigma-Aldrich Co.)를 사용하였다.

조리된 가지의 내부구조 관찰

각 조건에서 조리된 가지를 동결 건조한 후 탄소 코팅된 copper grids 상에 얇게 펴고 백금코팅을 한 뒤, Environmental Scanning Electron Microscopy(E-SEM, XL-30

FEG, FEI Co., Eindhoven, Netherlands)를 이용하여 15 kV의 가속전압 조건에서 측정하였다. SEM 상에서 나타난 물질 확인을 위해 SEM과 Energy Dispersive X-ray Spectroscopy(EDS)(PV72, Ametek Inc., Berwyn, PA, USA)를 사용하여 20 kV 가속전압에서 분석하였다.

ICP-OES 분석

시료 내 칼슘의 총량은 ICP-OES(Varian-720ES, Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA)를 사용하여 분석하였으며 분석 시 아르곤 가스를 사용하였고, auxiliary gas flow rate는 1.50(L/min), plasma flow rate는 15.0(L/min), nebulizer gas flow는 200(kPa), sample uptake delay는 15초, pump rate는 15 rpm으로 설정하고 측정하였다.

통계분석

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하였고 실험결과는 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, version 20.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용하여 분산분석(ANOVA)을 하였으며 각 시료 간의 유의적 차이가 있는 항목에 대해서는 Duncan's multiple range test로 $P < 0.05$ 수준에서 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

조리조건에 따른 조직감 특성

가지는 껍질과 과육의 질감이 다르므로 상대적으로 질긴 껍질 부분의 경도를 기준으로 조리 종결점을 결정하였다. 적용된 조리방법은 끓이기, 전자레인지로 익히기, 찌기의 세 종류이며, 조리시간에 따른 경도 구분은 고령자들을 대상으로 사전 예비실험을 한 결과 Table 1에 제시된 바와 같이 I 단계(정상식이) 70,000(N/m²) 이상, II 단계(연화 1단계) 30,000(N/m²) 이상 70,000(N/m²) 미만, III 단계(연화 2단계) 30,000(N/m²) 미만으로 구분하였으며, 각 조리조건에서 측정된 가지의 조직감 특성은 Table 2에 제시되었다. 조리 후 가지 시료의 탄력성은 끓이기 I 단계에서 크게 증가한 후 조리시간이 길어질수록 유지되는 경향을 보였고, 전자레

Table 2. Textural properties of eggplant at the several cooking conditions

| Cooking condition | Hardness step | Hardness (N/m ²) | Springiness | Adhesiveness | Cohesiveness | Chewiness |
|-------------------|---------------|------------------------------|--------------------|-------------------|-------------------|---------------------|
| Raw | 0 | 347,371 ^a | 0.33 ^b | 1.19 ^c | 0.22 ^a | 253.80 ^a |
| | I | 79,832 ^b | 0.53 ^a | 4.87 ^a | 0.13 ^b | 54.01 ^b |
| | II | 41,560 ^c | 0.40 ^{ab} | 3.03 ^b | 0.11 ^b | 17.60 ^b |
| Boiling | III | 24,761 ^d | 0.49 ^{ab} | 2.09 ^b | 0.13 ^b | 16.89 ^b |
| | I | 97,679 ^b | 0.37 ^b | 1.21 ^c | 0.09 ^b | 40.14 ^b |
| | II | 53,402 ^c | 0.44 ^{ab} | 2.05 ^b | 0.08 ^b | 28.54 ^b |
| Microwave | III | 29,812 ^d | 0.55 ^a | 3.01 ^b | 0.07 ^b | 13.95 ^b |
| | I | 100,665 ^b | 0.40 ^b | 2.01 ^b | 0.11 ^b | 44.25 ^b |
| | II | 48,866 ^c | 0.39 ^b | 1.97 ^b | 0.09 ^b | 19.06 ^b |
| Steaming | III | 21,401 ^d | 0.58 ^a | 2.26 ^b | 0.10 ^b | 18.46 ^b |

Means with different letters (a-d) within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

Table 3. Color and antioxidant properties of eggplant at the several cooking conditions

| Cooking condition | Hardness step | Eggplant | | | | |
|-------------------|---------------|--------------------|--------------------|---------------------|--------------------------|--------------------------------|
| | | Color | | | Antioxidant properties | |
| | | L | a | b | DPPH inhibition rate (%) | Chlorogenic acid ¹⁾ |
| Control (raw) | | 31.83 ^b | 4.15 ^b | -2.49 ^{de} | 91.43 ^b | 271 ^c |
| Boiling | I | 31.02 ^b | 0.45 ^d | -2.44 ^{de} | 33.12 ^e | 25 ^h |
| | II | 30.82 ^b | 1.99 ^{cd} | -3.28 ^e | 41.71 ^d | 20 ^b |
| | III | 35.12 ^b | 1.54 ^{cd} | 0.48 ^c | 82.86 ^c | 55 ^g |
| Microwave | I | 44.40 ^b | 7.47 ^a | 1.11 ^{bc} | 93.71 ^a | 225 ^d |
| | II | 44.44 ^b | 7.62 ^a | 2.48 ^b | 93.14 ^a | 145 ^e |
| | III | 76.96 ^a | 3.22 ^{bc} | 3.19 ^b | 92.29 ^a | 120 ^f |
| Steaming | I | 39.81 ^b | 4.92 ^b | -1.47 ^d | 92.57 ^a | 315 ^b |
| | II | 40.20 ^b | 4.63 ^b | -1.52 ^d | 92.11 ^a | 375 ^a |
| | III | 46.55 ^b | 4.59 ^b | 5.19 ^a | 90.86 ^b | 335 ^b |

¹⁾Values are presented as mean value (n=3) and expressed as mg/100 g of dry weight.

Means with different letters (a-h) within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P<0.05$).

인지 조리법이나 찌기에 의해서는 조리시간이 길어져 경도가 가장 낮은 III단계에 해당하는 시점에서 유의적으로 증가하였다. 부착성은 끓이기 I 단계에서 가장 크게 증가하였고, 그 외 다른 조건에서도 대조군보다 높은 값을 보였다. 응집성이나 씹힘성은 대조군이 가장 큰 값을 보였고, 조리조건이나 시간과 관계없이 실험군은 모두 대조군보다 낮은 값을 보였으며, 실험군 간 유의적 차이는 없었다.

조리 후 색도

조리조건에 따른 가지의 색은 Table 3에 제시되어 있다. 대조군인 생가지의 L값은 31.83이었으며, a값은 4.15로 붉은색의 범위에, b값은 -2.49로 파란색의 범위에서 측정되었다. 끓이기 조리법에 의해서는 시간에 따른 L값의 변화가 없었으나, a값은 대조군보다 유의적으로 낮은 값을 보였다. 가지 껍질의 대표적 색소인 안토시아닌 색소가 끓이는 중에 손실이 일어나 값이 유의적으로 감소한 것으로 생각된다. b값은 끓이기 I 단계까지는 유의적 색의 변화가 없었으나, III단계에서는 양의 값을 나타내 노란색의 범위에 속하는 결과를 보였다. 전자레인지로 익히기의 경우 조리시간이 가장 긴 III단계(14분)에서 L값이 유의적으로 증가하였으며, a값은 I, II 단계에서 대조군보다 유의적으로 높았으나 III단계에서 많이 감소하였다. b값은 모든 조리조건에서 대조군보다 높은 값을 보였다. 찌기 조리법 적용 후 백색도와 적색도의 변화는 조리조건 III단계에 이르기까지 일어나지 않았고 b값도 II 단계까지는 대조군과 유의적 차이가 없었으나, III 단계에서 유의적으로 증가함을 보였다. 즉 조리조건에 따른 색도의 변화는 전자레인지 조리법에 의해 가장 크게 일어나고, 찌기에 의해 가장 적게 일어남을 알 수 있다.

채소류는 썰어놓으면 효소적 갈변이 일어나기 시작하는데(20), 본 실험에서는 썰기 직후 열처리를 통해 효소가 불활성화되었으므로, 색의 변화는 효소적 갈변에 의해서가 아닌 수용성인 색소의 용출 및 변화로 인한 결과라고 볼 수

있을 것이다.

DPPH 활성과 총폴리페놀 함량(TPC)의 비교

DPPH로 측정한 항산화 활성 결과는 Table 3에, 조리조건별 TPC 함량은 Fig. 1에 제시하였다. 대조군인 생가지의 DPPH 활성은 91.43%를 보인 반면, 끓이기 조리법에서는 모든 조건에서 대조군보다 낮은 활성을 보였으며, 끓이기 조건 내에서는 조리시간이 증가할수록 DPPH 활성이 증가하는 것으로 나타났다. 전자레인지 조리법의 경우 모든 조리조건에서, 찌기 조리법에서는 I, II 단계의 조건에서 가장 큰 활성을 보였으며, 조리시간이 가장 긴 III단계(14분)에서는 I, II 단계보다 유의적으로 감소함을 보였다.

총폴리페놀의 경우 열처리를 하지 않은 대조군(생가지)의 TPC는 3.14(mg GAE/g)로 측정되었으며, 조리조건에 따라 변화함을 보였다. 세 조리법 중 찌기에 의해 TPC는 대조군보다 유의적으로 증가하였으나, 찌는 시간에 따른 유의적 변화는 없었다. 다음으로는 대조군과 전자레인지 조리 I 단

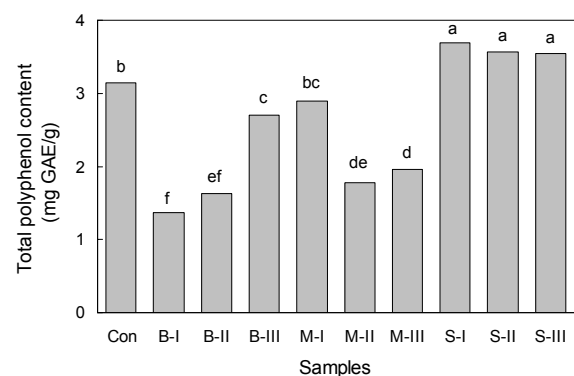


Fig. 1. Total polyphenol content of eggplant cooked after several cooking condition. B means boiling, M means microwave cooking, and S means steaming. I, II, III mean hardness step controlled by cooking time.

게가 유사한 수준으로 측정되었으며, 전자레인지 조리시간이 길어질수록 TPC는 감소하는 것으로 나타났다. 끓이기에 의해서는 전자레인지와 반대 경향으로 끓이는 시간이 길어질수록 TPC는 증가하였으나, 대조군 수준에 미치지 못했다.

조리조건에 따른 가지의 DPPH 활성에 관한 연구에서 Scalzo 등(13)은 가지를 10분간 끓인 후 항산화 특성을 측정하였을 때, 조리 전보다 조리 후 더 높은 항산화 특성을 보였다고 하여 본 연구와는 반대의 결과를 보고하였다. del Pilar Ramírez-Anaya 등(21)도 끓이기 이후 유리라디칼 소거 효과가 대조군보다 많이 증가하였다고 보고하였으나, 끓이기 10분 후 총폴리페놀 함량을 측정한 결과는 조리 전보다 감소하여 본 연구 결과와 같은 경향을 보였다. 끓이기에 의한 총폴리페놀 함량의 감소는 Zaro 등(14), Ferracane 등(22)에 의해서도 보고되었다. 본 연구에서 끓이기 조리법에 의한 총폴리페놀 함량은 세 단계 모두 대조군보다 낮게 측정되어 위의 결과와 같은 경향을 보였다. 일반적으로 끓이기 처리 후 DPPH 활성이 증가한 이유는 대부분의 항산화 물질이 끓이기 중에 용출되고, 열처리 동안 pro-oxidant 물질이 분해될 수 있기 때문이라고 보고된 바 있다(23). 조리과정 중에 조직이 연화되면서 세포로부터 폴리페놀 물질, 특히 가지에 많이 함유된 안토시아닌의 추출이 촉진되기 때문에(24), 생가지보다는 조리된 가지에서 안토시아닌 함량이 높게 측정될 수 있다. 그러나 안토시아닌은 수용성 색소이며(25) 고온에서 파괴되는 특징이 있기 때문에(26) 끓이는 동안 용해될 수 있어 다른 조리법보다 손실이 큰 것이 일반적이다.

채소류는 조리 중 조직 내 미세구조가 변화되면서 물리·화학적 성질의 변화로 인한 페놀류의 용출이 증가하거나, 또는 배당체인 폴리페놀-당의 글리코사이드 결합이 끊어지면서 검출되는 페놀류의 농도가 증가할 수 있다(15). 본 실험에서 전자레인지 조리 이후 DPPH 활성이 증가한 이유는 전자레인지 조리 중 전자파 자극이 항산화 물질의 변화를 촉진했기 때문으로 설명될 수 있다. Murador 등(27)도 전자레인지 조리 후 실험 채소들의 안토시아닌 성분이 생채소에 비해 많이 증가하였다고 보고한 바 있으며, Lemos 등(28)도 전자레인지 조리에 의해 감자의 총안토시아닌 함량이 생감자보다 두 배 이상 증가하였다고 하여 전자레인지 조리에 의한 폴리페놀 물질의 증가를 보고한 바 있다. 그러나 본 연구에서 전자레인지 조리시간이 길어질수록 총폴리페놀의 함량은 유의적으로 감소하였는데, 이는 전자파에 의한 노출이 길어질수록 세포조직 및 폴리페놀 성분이 파괴된 것으로 설명할 수 있다.

Zaro 등(14)은 가지를 10분 찌기와 10분 전자레인지 조리 시, 대조군(생가지)의 항산화능력을 100%라고 했을 때 찌기는 165%로 증가하였으나, 전자레인지 조리 후에는 83%로 감소하였다고 보고한 바 있다. 찌기 조리법 이후 항산화 특성의 향상은 본 연구 결과와 같으나, 전자레인지 조리법의 경우는 본 연구 결과와 반대되는 경향을 보였다. 이

러한 실험 결과의 차이는 조리시간뿐 아니라 사용한 전자레인지의 power 등 조리조건에 따른 차이로 볼 수 있다. Palermo 등(29)은 끓이기에 따른 총폴리페놀 함량의 변화를 측정한 18개의 논문을 분석한 결과 6개의 결과는 조리 후 총폴리페놀 함량이 증가했다고 하였으나, 1개의 결과는 유의적 변화가 없었고 11개의 결과에서는 함량이 감소하여 조리조건에 따른 결과의 다양성을 보고한 바 있다. 본 실험에서는 끓이거나 전자레인지와 같은 조리법으로 조리한 경우 생가지보다 총폴리페놀 함량이 감소하였으며, 특히 전자레인지 조리법의 경우 조리시간이 길어질수록 손실은 컸다. 찌기의 경우 식품이 직접 물과 닿지 않기 때문에 수용성 성분의 용출이 최소화되어 영양성분의 손실이 적거나 오히려 함량이 증가하는 것으로 보인다.

클로로겐산 함량의 변화

클로로겐산은 가지의 모든 유전형에서 많이 발견되는 페놀성 항산화 물질이며(14), 당근이나(7) 검은콩(30)에도 많이 함유된 물질이지만 조리과정 중에 상당히 손실된다고 보고되고 있다. 본 연구에서 생가지의 클로로겐산의 함량(Table 3)은 271 mg/100 g으로 측정되었으며 끓이기 조리 I 단계에서는 약 1/10 수준으로 감소하였다. 전자레인지 조리법에 의해서도 생가지에 비해 낮은 함량을 보였으며, 전자레인지 조리 시간에 반비례하여 시간이 길어질수록 유의적으로 감소하여 조리 III단계에서는 I 단계의 약 1/2 수준까지 감소하였다. 찌기의 경우는 조리시간이 길어질수록 클로로겐산의 함량은 증가하였고 III단계 조리조건에서는 다시 약간 감소하였지만, 대조군보다는 높은 값을 유지하였다. Miglio 등(7)은 조리 중 클로로겐산의 감소는 커피산이나 퀘산으로 분해되었기 때문으로 설명한 바 있다. 클로로겐산은 조리과정 중 많이 손실되기는 하나 예외적으로 찌기조리에 의해서는 오히려 함량이 증가하였으며, 이는 총폴리페놀이나 DPPH 결과와 같은 경향을 보였다.

조리 후의 단면 특성과 용출된 갈색의 양

조리된 가지의 내부구조를 SEM으로 측정한 결과 동일 경도를 가졌다 하더라도 조리법에 따라 차이를 보였다. Fig. 2(A)는 500배로 확대하여 가지의 내부구조를 측정한 결과로, 전자레인지 처리한 가지는 끓이거나 찌기 조리한 가지보다 좀 더 세포벽이 뭉개지면서 내부구조의 손상이 많은 것으로 보이며, 조리시간이 길어질수록 조직의 손상이 눈에 띄게 손상되는 것으로 나타났다. Fig. 2(B)는 가지의 내부구조를 3,000배로 확대하여 본 결과로 가지 내부에 흰색의 결정들이 관찰되었다. 흰색 결정의 양은 조리조건에 따라 차이를 보였는데, 끓이기 조리 이후 그 양은 매우 적었으나 전자레인지 조리 후 증가하였고, 찌기 조리한 시료에서는 유의적으로 급증하는 것이 확인되었다. 이 결정이 무엇인지 알아보기 위해 EDS를 사용하였고, 흰색 결정이 있는 부분(A)과 없는 부분(B)의 검출 원소를 비교해 보았다. Fig. 3의 (A)와 (B)의

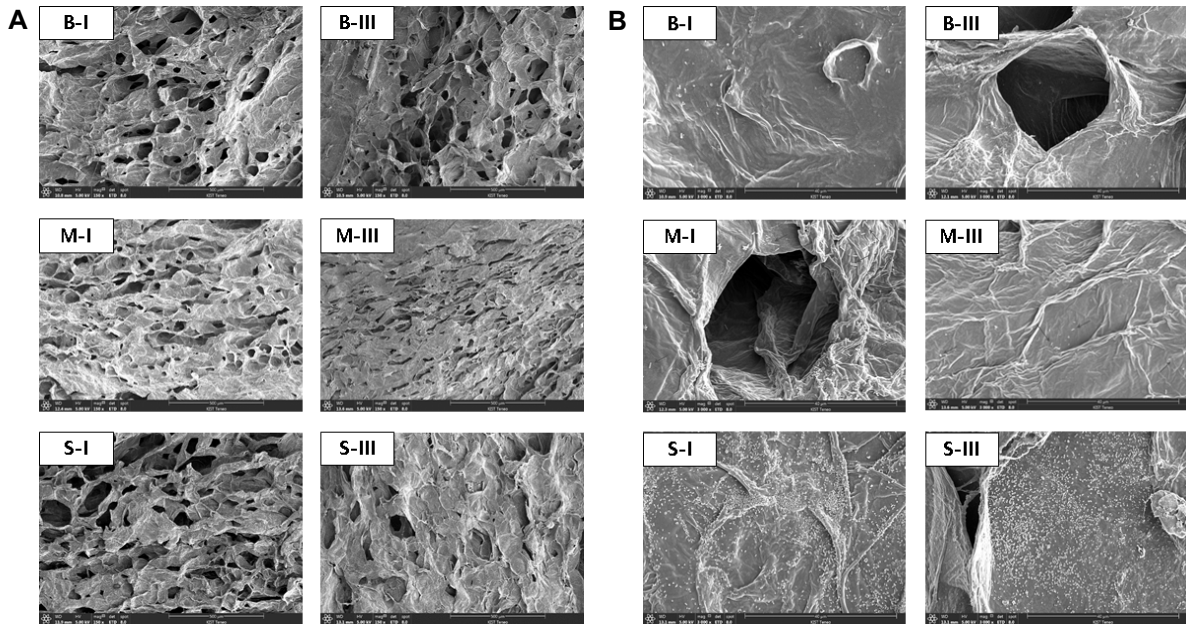


Fig. 2. SEM micrographs of eggplant at the several cooking conditions (A, $\times 500$) and (B, $\times 3,000$). B means boiling, M means microwave cooking, and S means steaming. I, III means hardness step controlled by cooking time.

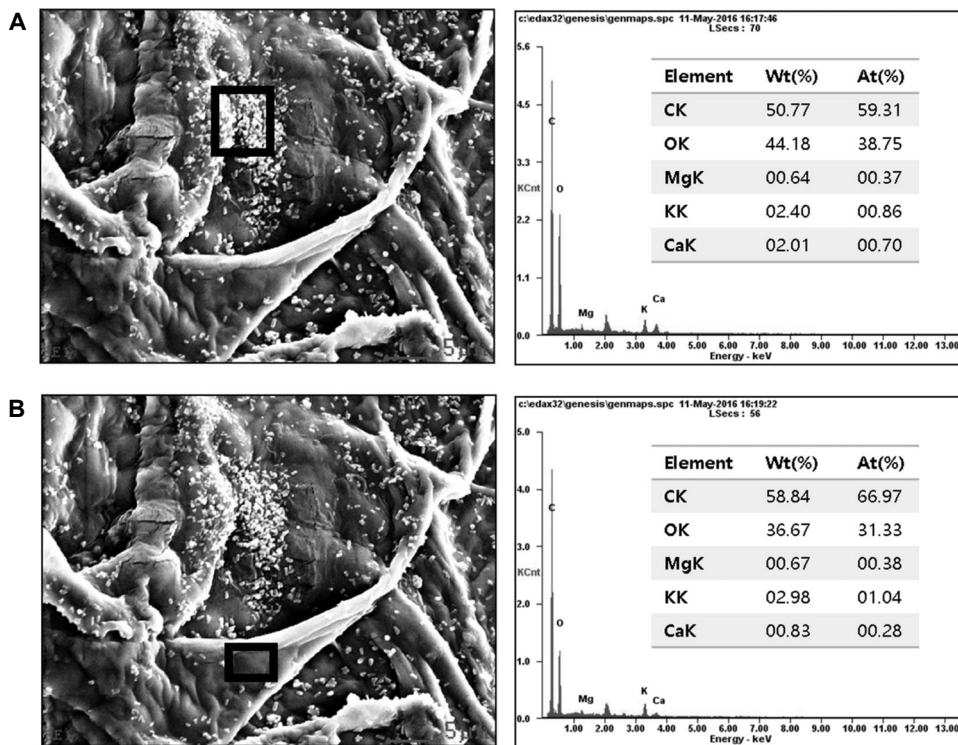


Fig. 3. Comparison of EDAX analysis of sensing parts (black box) in a steamed eggplant.

결과에서 보듯이 탄소, 산소, 마그네슘, 칼륨 등 원소들의 양은 큰 차이가 없었으나, 칼슘의 양이 두드러지게 다름을 통해 이 흰색의 결정물질이 칼슘임이 확인되었다.

조리조건에 따른 ICP-OES 측정을 통해 칼슘의 용출량을 측정하였으며, 결과는 Table 4에 제시되어 있다. 조리법에 따라 용출되는 칼슘양은 유의적 차이가 있었으며, 특히 끓이

기나 전자레인지를 이용한 조리보다 찌기에서 유의적으로 급증하는 것이 확인되었다. 또한, 같은 조리법이라도 시간이 길어질수록 용출되는 칼슘양은 증가하였다. 식품 내 칼슘은 함량뿐 아니라 존재 형태도 체내 이용효율에 영향을 미치는 데 보통 유리 상태로 존재하는 경우는 흡수율이 높으나, 대부분은 옥살레이트, 피테이트, 단백질, 펙틴 등과 결합한 상

Table 4. Calcium amount in the eggplant at the several cooking conditions

| Cooking condition | Hardness step | Calcium amount (ppm) |
|-------------------|---------------|----------------------|
| Boiling | I | 2,097.5 ^c |
| | III | 2,123.4 ^d |
| Microwave | I | 2,276.1 ^d |
| | III | 2,586.8 ^c |
| Steaming | I | 2,799.2 ^b |
| | III | 2,874.9 ^a |

Means with different letters (a-e) within a column are significantly different by Duncan's multiple range test ($P < 0.05$).

태로 존재하며(31) 이 경우는 소화 흡수되기 어렵다고 보고되고 있다. 본 연구에서 사용한 분석방법은 전체 칼슘의 양이 측정되는 것으로 칼슘의 형태가 유리 상태인지 아니면 결합상태인지는 구별하기 어려웠다. 그러나 조리조건에 따라 칼슘의 양이 달라지며 특히 찌기 조리법 이후 가장 많은 칼슘이 용출되는 결과는 매우 의미 있는 것으로 이에 관한 추가 연구가 필요할 것으로 생각된다.

요 약

가지를 세 단계의 경도 범위를 갖도록 조리방법(끓이기, 전자레인지를 조리, 찌기) 및 시간을 설정하여 조리한 후 시료의 항산화 및 영양 특성을 분석하였다. 조직감에서는 조리조건에 따라 탄력성과 부착성은 증가하고 응집성과 씹힘성은 감소하는 경향을 보였다. 가지 껍질의 색은 끓이기와 찌기 조리에 의해서는 색의 변화가 크지 않았으나, 전자레인지 조리에 의해서는 모든 값이 대조군보다 크게 증가하는 경향을 보였다. DPPH로 측정된 항산화 활성은 끓인 이후에는 감소하였으나, 전자레인지나 찌기에 의해서는 증가하는 경향을 보였다. 총폴리페놀 함량은 찌기에 의해 세 단계 모두에서 대조군인 생가지보다 증가하였으나, 끓이거나 전자레인지 조리에 의해서는 대조군보다 낮은 함량을 보였다. 가지의 대표적 항산화 물질인 클로로겐산 함량은 찌기 조리 이후 대조군보다 증가하였고, 전자레인지나 끓이기 조리 이후에는 대조군보다 감소하였다. 또한, 끓이는 조리시간이 길어질수록 총함량은 증가하는 경향을 보였으나 전자레인지 조리시간이 길어지는 경우는 감소하는 경향을 보였다. 전자레인지 조리에 의해 내부구조의 붕괴가 두드러졌으며, 끓이기와 찌기는 비슷한 수준을 보였다. 조리시간이 길어질수록 조직과 세포벽에서 칼슘의 용출이 유의적으로 증가하였으며, 조리방법에 따라서는 끓이기 < 전자레인지 조리 < 찌기의 순으로 칼슘의 용출이 많은 것으로 나타났다. 가지를 열처리하여 연화시키는 경우, 같은 경도를 기준으로 할 때 끓이거나 전자레인지 조리하는 것보다 찌는 경우에 항산화 효과뿐 아니라 총폴리페놀 함량, 클로로겐산과 칼슘 함량 등 영양 및 항산화 특성이 크게 증가하는 것으로 나타났다. 또한, 조리시간이 길어질수록 영양 및 항산화 특성은 증가하였으나 연

화 2단계를 위해 17분 이상 찌는 경우는 다소 감소하였다.

감사의 글

본 연구는 2015년도 상명대학교 교내연구비를 지원받아 수행하였음.

REFERENCES

1. Eliassen AH, Hendrickson SJ, Brinton LA, Buring JE, Campos H, Dai Q, Dorgan JF, Franke AA, Gao YT, Goodman MT, Hallmans G, Helzlsouer KJ, Hoffman-Bolton J, Hultén K, Sesso HD, Sowell AL, Tamimi RM, Toniolo P, Wilkens LR, Winkvist A, Zeleniuch-Jacquotte A, Zheng W, Hankinson SE. 2012. Circulating carotenoids and risk of breast cancer: Pooled analysis of eight prospective studies. *J Natl Cancer Inst* 104: 1905-1916.
2. Ros MM, Bueno-de-Mesquita HB, Kampman E, Aben KKH, Büchner FL, Jansen EHJM, van Gils CH, Egevad L, Overvad K, Tjønneland A, Roswall N, Boutron-Ruault MC, Kvaskoff M, Perquier F, Kaaks R, Chang-Claude J, Weikert S, Boeing H, Trichopoulou A, Lagiou P, Dilis V, Palli D, Pala V, Sacerdote C, Tumino R, Panico S, Peeters PHM, Gram IT, Skeie G, Huerta JM, Barricarte A, Quirós JR, Sánchez MJ, Buckland G, Larrañaga N, Ehrnström R, Wallström P, Ljungberg B, Hallmans G, Key TJ, Allen NE, Khaw KT, Wareham N, Brennan P, Riboli E, Kiemeneij LA. 2012. Plasma carotenoids and vitamin C concentrations and risk of urothelial cell carcinoma in the European Prospective Investigation into Cancer and Nutrition. *Am J Clin Nutr* 96: 902-910.
3. Rodriguez-Amaya DB. 1997. *Carotenoids and food preparation: the retention of provitamin A carotenoids in prepared, processed, and stored foods*. OMNI Project, John Snow Inc., Arlington, VA, USA. p 5-8.
4. Brat P, Tourniaire F, Amiot-Carlin MJ. 2008. Stability and analysis of phenolic pigments. In *Food Colorants: Chemical and Functional Properties*. Socaciu C, ed. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. p 71-86.
5. Pellegrini N, Miglio C, Del Rio D, Salvatore S, Serafini M, Brighenti F. 2009. Effect of domestic cooking methods on the total antioxidant capacity of vegetables. *Int J Food Sci Nutr* 60: 12-22.
6. Yamaguchi T, Mizobuchi T, Kajikawa R, Kawashima H, Miyabe F, Terao J, Takamura H, Matoba T. 2001. Radical-scavenging activity of vegetables and the effect of cooking on their activity. *Food Sci Technol Res* 7: 250-257.
7. Miglio C, Chiavaro E, Visconti A, Fogliano V, Pellegrini N. 2007. Effects of different cooking methods on nutritional and physicochemical characteristics of selected vegetables. *J Agric Food Chem* 56: 139-147.
8. Whitaker BD, Stommel JR. 2003. Distribution of hydroxycinnamic acid conjugates in fruit of commercial eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivars. *J Agric Food Chem* 51: 3448-3454.
9. Vinson JA, Hao Y, Su X, Zubik L. 1998. Phenol antioxidant quantity and quality in foods: vegetables. *J Agric Food Chem* 46: 3630-3634.
10. Matsubara K, Kaneyuki T, Miyake T, Mori M. 2005. Anti-angiogenic activity of nasunin, an antioxidant anthocyanin, in eggplant peels. *J Agric Food Chem* 53: 6272-6275.
11. Han SW, Tae J, Kim JA, Kim DK, Seo GS, Yun KJ, Choi

- SC, Kim TH, Nah YH, Lee YM. 2003. The aqueous extract of *Solanum melongena* inhibits PAR2 agonist-induced inflammation. *Clin Chim Acta* 328: 39-44.
12. Zaro MJ, Keunchkarian S, Chaves AR, Vicente AR, Concellón A. 2014. Changes in bioactive compounds and response to postharvest storage conditions in purple eggplants as affected by fruit developmental stage. *Postharvest Biol Technol* 96: 110-117.
13. Scalzo RL, Fibiani M, Francese G, D'Alessandro A, Rotino GL, Conte P, Mennella G. 2016. Cooking influence on physico-chemical fruit characteristics of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Food Chem* 194: 835-842.
14. Zaro MJ, Ortiz LC, Keunchkarian S, Chaves AR, Vicente AR, Concellón A. 2015. Chlorogenic acid retention in white and purple eggplant after processing and cooking. *LWT-Food Sci Technol* 64: 802-808.
15. 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: 181-191.
16. Rickman JC, Barrett DM, Bruhn CM. 2007. Nutritional comparison of fresh, frozen and canned fruits and vegetables. Part 1. Vitamins C and B and phenolic compounds. *J Sci Food Agric* 87: 930-944.
17. Abeysinghe DC, Li X, Sun CD, Zhang WS, Zhou CH, Chen KS. 2007. Bioactive compounds and antioxidant capacities in different edible tissues of citrus fruit of four species. *Food Chem* 104: 1338-1344.
18. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
19. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
20. Mishra BB, Gautam S, Sharma A. 2013. Free phenolics and polyphenol oxidase (PPO): The factors affecting post-cut browning in eggplant (*Solanum melongena*). *Food Chem* 139: 105-114.
21. del Pilar Ramirez-Anaya J, Samaniego-Sánchez C, Castañeda-Saucedo MC, Villalón-Mir M, de la Serrana HLG. 2015. Phenols and the antioxidant capacity of Mediterranean vegetables prepared with extra virgin olive oil using different domestic cooking techniques. *Food Chem* 188: 430-438.
22. Ferracane R, Pellegrini N, Visconti A, Graziani G, Chiavaro E, Miglio C, Fogliano V. 2008. Effects of different cooking methods on antioxidant profile, antioxidant capacity, and physical characteristics of artichoke. *J Agric Food Chem* 56: 8601-8608.
23. Gazzani G, Papetti A, Massolini G, Daglia M. 1998. Anti- and prooxidant activity of water soluble components of some common diet vegetables and the effect of thermal treatment. *J Agric Food Chem* 46: 4118-4122.
24. Blessington T, Nzaramba MN, Scheuring DC, Hale AL, Reddivari L, Miller JC Jr. 2010. Cooking methods and storage treatments of potato: Effects on carotenoids, antioxidant activity, and phenolics. *Am J Potato Res* 87: 479-491.
25. He J, Giusti MM. 2010. Anthocyanins: Natural colorants with health-promoting properties. *Annu Rev Food Sci Technol* 1: 163-187.
26. Aramwit P, Bang N, Srichana T. 2010. The properties and stability of anthocyanins in mulberry fruits. *Food Res Int* 43: 1093-1097.
27. Murador DC, da Cunha DT, de Rosso VV. 2014. Effects of cooking techniques on vegetable pigments: A meta-analytic approach to carotenoid and anthocyanin levels. *Food Res Int* 65: 177-183.
28. Lemos MA, Maryam M, Aliyu M, Gillian K, Joseph LR, Hungerford G. 2013. Effect of cooking on the levels of bioactive compounds in Purple Majesty Potato. Inside Food Symposium, Leuven, Belgium. p 16.
29. Palermo M, Pellegrini N, Fogliano V. 2014. The effect of cooking on the phytochemical content of vegetables. *J Sci Food Agric* 94: 1057-1070.
30. Xu B, Chang SKC. 2008. Total phenolics, phenolic acids, isoflavones, and anthocyanins and antioxidant properties of yellow and black soybeans as affected by thermal processing. *J Agric Food Chem* 56: 7165-7175.
31. Wilson DS, Clifford AJ. 1990. Bioavailability: How the nutrients in food become available to our bodies. In *Nutrition: Eating for Good Health, Bulletin 685*. Smith DT, ed. United States Department of Agriculture, Washington, DC, USA. p 72-77.