

가열 전처리에 따른 피망의 품질 특성 변화

황인국 · 김광일¹ · 조연지² · 최미정¹ · 민상기² · 유선미*

농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부, ¹건국대학교 생명자원식품공학과, ²건국대학교 바이오산업공학과

Effects of Different Thermal Pre-treatment on the Quality Properties of Bell Pepper

In Guk Hwang, Kwang Il Kim¹, Yeon Ji Jo², Mi Jung Choi¹, Sang Gi Min², and Seon Mi Yoo*

Dept. of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

¹*Dept. of Bioresource and Food Sciences, Konkuk University*

²*Dept. of Bioresources and Food Engineering, Konkuk University*

Abstract

The thermal pre-treatment is an important process to minimize quality change in main cooking or storage. This study was conducted to investigate the effect of different thermal pre-treatment methods (blanching, steaming, and stir-frying) on the quality properties of bell pepper (BP). Washed and sliced BP were treated by blanching (100°C, 1-10 min), steaming (100°C, 1-10 min), and stir-frying with oil (180°C, 10-70 sec). Raw and treated BP was measured for color, pH, hardness, proximate composition, ascorbic acid, free sugar, organic acid, and peroxidase activities. Color and hardness were significantly decreased by blanching, steaming, and stir-frying. Stir-frying, in particular, rapidly decreased the ΔE values and hardness of BP. Blanching and steaming slightly increased the pH compared with raw BP, whereas stir-frying rapidly decreased the pH values. Results showed that the proximate composition, ascorbic content, free sugar content, and organic acid content were significantly ($p < 0.05$) affected by the thermal pre-treatment and that the loss rate varied among individual compounds. Blanching, steaming, and stir-frying significantly reduced the ascorbic acid content (29.4-55.2%), fructose content (8.6-45.1%), and glucose content (8.1-41.9%) in the BP. Oxalic acid, citric acid, succinic acid, and fumaric acid as organic acid in BP were detected and their contents were significantly ($p < 0.05$) reduced during thermal pre-treatment. In conclusion, the results demonstrated that steam treatment for 3 min could be the best optimal thermal pre-treatment condition for BP to minimize the quality changes.

Key words: thermal pre-treatment, hardness, bell pepper, ascorbic acid, peroxidase activity

서 론

우리나라는 급속한 산업화와 도시화의 영향으로 국민 경제수준의 향상, 여성의 사회활동 확대, 일인가구의 증가 등의 경제적, 사회적 변화가 진행되면서 식생활에서도 가정식보다는 외식, 급식, 편이식, 즉석식 등의 비중이 커지고 있는 추세이다(Sun et al., 2011). 이와 더불어 농산물을 박피, 세척, 절단 등의 단순 전처리 가공 식재료의 수요가 외식업소, 단체급식소, 식품업체 뿐만 아니라 가정에서도 지속적으로 증가하고 있다(Park et al., 2012). 또한

최근에는 냉동식품의 저온유통시스템(cold chain system)이 구축되면서 당근, 양파, 대파, 마늘, 시금치 및 브로콜리 등 다양한 채소류를 박피, 세척, 절단, 가열 등의 전처리 과정을 거쳐 급속 동결 처리된 냉동 야채 제품이 증가하고 있으며, 이러한 냉동 야채 제품들은 특별한 전처리 없이 바로 조리나 가공을 할 수 있는 편리성 때문에 선호도가 높아지고 있다.

피망(*Capsicum annuum* L.)은 가지과에 속하는 채소로 빨간색, 주황색, 녹색 및 자주색 등 다양한 색상을 가지고 있으며, 단맛이 있고 매운맛이 강하지 않아 샐러드용이나 볶음요리, 조림 등의 요리에 이용되고 있다(Park et al., 2003). 피망의 영양성분은 100 g당 수분 94%, 탄수화물 4.7%, 단백질 0.7%, 지방 0.2%, 회분 0.4% 이며, 비타민 A와 C, 칼륨, 칼슘, 인 등의 무기질 함량도 풍부한 우수한 식재료이다(NRRDI, 2007). 최근 시설재배 기술의 보급으로 계절에 관계없이 피망의 연중 생산이 가능하나 겨울철

*Corresponding author: Seon Mi Yoo, Dept. of Agro-food Resources, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration, Wanju-gun, 565-851, Korea
Tel: +82-63-238-3551; Fax: +82-63-238-3842
E-mail: yoosm@korea.kr

Received September 25, 2014; revised December 22, 2014; accepted February 24, 2015

재배비용이 높고, 수확 후 호흡작용으로 인해 장기저장이 어려운 단점이 있어 계절에 따른 가격변동이 심한 품목 중 하나이다(Lee and Jeong, 2002). 또한, 같은 과에 속하는 파프리카의 경우 저장 수명은 적정 온도인 7.5°C 범위에서 3-5주 저장 가능하고, MA조건에서는 저장수명이 약 10일 더 연장되는 것으로 보고되어 있어(Choi et al., 2012), 최적의 저장조건에서 피망도 약 6-7주 정도 보관이 가능할 것으로 판단된다.

식품산업에서 식품의 보존력과 품질 향상을 위한 방법으로 다양한 전처리 공정 및 저장방법이 적용되고 있으며, 그 중 가장 대표적인 방법은 예비 열처리 공정 후 냉동 저장하는 것이다. 냉동식품이란 대부분 제조, 가공 또는 조리한 식품의 부패와 변질을 막기 위한 목적으로 용기나 포장지에 넣어 급속냉동 처리하여 장기간 보존이 가능한 식품을 말한다(Jang et al., 2014). 그 중 냉동농산식품으로는 콩류, 옥수수, 호박, 감자, 시금치, 딸기 및 기타 과채류 등이 포함되며(Lee et al., 2013), 일반적으로 우수한 품질의 냉동식품을 제조하기 위해서는 동결 처리시 최대 빙결정형성대를 통과하는 시간을 짧게 하여 빙결정의 크기를 작고 균일하게 분포하게 하는 것이 중요한 요소인 것으로 알려져 있다(Holzwarth et al., 2012; Jang et al., 2014). 이에 식품의 동결방법, 동결온도, 동결속도 등 최적 냉동 조건 선정을 위한 연구가 활발히 진행되어 왔으나(Lee et al., 2011; Holzwarth et al., 2012; Lee et al., 2013; Jang et al., 2014), 최고품질의 냉동 채소 제품을 생산하기 위한 적절한 가열처리가 동반된 최적의 냉동조건 선정에 관한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

식품가공에 적용되는 가열처리 방법으로는 열수침지, 증기, 튀김, 볶음, 데치기 등이 있으며, 농산물의 동결 처리 전 예비 가열처리는 효소를 불활성화하여 품질을 유지할 뿐 아니라 펙틴계 물질을 탈에스테르화 시켜서 식물체의 연화를 방지할 수 있으며, 효소적 갈변반응을 억제하고 색을 선명하게 해주어 외관을 좋게 해주고 세균 및 병원성 박테리아 같은 미생물의 살균 등 다양한 효과를 얻을 수 있다(Son et al., 2013). 하지만 부적절한 가열처리는 세포의 파괴로 인한 조직감 연화, 표면 경화, 이미 및 이취의 생성, 열에 민감한 영양성분의 손실과 수용성 성분의 손실 등을 야기하여 전반적인 품질 저하 현상을 야기할 수 있어(Sila et al., 2005), 우수 품질의 냉동식품을 생산하기 위한 동결 처리 전 적절한 가열처리 조건이 요구된다.

따라서 본 연구에서는 한식에 일반적으로 이용되고 있는 채소류 중 피망을 선정하여 동결처리 전 영양분 손실 및 품질 변화를 최소화할 수 있는 가열처리 조건을 선정하고자 열수침지, 과열증기 및 볶음 처리법을 이용한 피망의 가열시간에 따른 이화학적 및 영양학적 품질 변화를 조사하여 동결 전 열처리 공정 적용 가능성을 모색하고자 하였다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용된 피망은 2013년 4월 중순에서 7월 초에 수확한 피망을 대형 유통마트(이마트, 광진구)에서 구입하여 사용하였다. Ascorbic acid, fructose, glucose, sucrose, oxalic acid, citric acid, succinic acid, fumaric acid 표준품은 Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, USA)에서 구입하였고, 그 밖의 시약은 analytical 및 HPLC 등급을 사용하였다.

시료의 전처리

구입한 피망은 흐르는 물에 세척하여 물기를 없앤 다음 줄기, 태좌, 씨를 제거하고 과육부분을 0.5 cm × 0.5 cm × 5.0 cm 크기로 세절하여 준비하였다. 세절된 피망은 열수침지법, 과열증기법 및 볶음 처리 방법으로 가열처리 하였다. 열수침지법(blanching)은 피망 500 g을 100°C로 가열된 2.5 L 물에 침지시켜 1-10분 동안 처리 하였다. 과열증기법(steaming)은 물 2.5 L을 가열하여 김이 오른 찜기에 피망 500 g을 올리고 1분-10분 동안 처리하였다. 볶음 처리(stir-frying)는 프라이팬에 콩기름 2g을 첨가하여 180°C로 예열 처리 후 피망 200 g을 10-70초 동안 볶음 처리하였다. 각각의 방법으로 가열처리된 피망은 흐르는 냉수에 1분간 냉각하고 거즈로 물기를 제거한 다음 품질 특성을 조사하였다. 이 때 피망의 외관, 미세구조, 색도, pH 및 경도를 측정 후 각 방법 별 두 가지 조건(열수침지: 2분, 5분, 과열증기: 3분, 7분, 볶음 처리: 30초, 60초)을 선별하였으며, 선별된 조건으로 처리된 피망의 영양성분을 분석하였다.

현미경 관찰

피망의 미세조직은 CCD 카메라(3.0M, Olympus, Tokyo, Japan)가 장착된 광학현미경(Olympus CX31, Tokyo, Jpn)으로 관찰하였다. 면도칼(ST300, Dorco, Hanoi, Cietnam)을 이용하여 5 mm × 5 mm × 1 mm으로 자른 피망 내부면 위에 약 10 μL의 증류수를 떨어뜨린 후 cover glass를 덮고 관찰하였다.

색도 측정

색도는 Chroma meter (CR-200, Konica Minolta, Tokyo, Japan)를 사용하여 명도(lightness, L), 적색도(redness, a) 및 황색도(yellowness, b)를 4회 반복 측정하였다. 이 때 사용한 표준 백색판의 색도는 CIE 명도 77.1, 적색도 2.1, 황색도 2.2였다. 생 피망과 가열처리 피망의 색도차를 다음 공식에 대입하여 산출하였다.

$$\Delta E = \sqrt{(L_1 - L_2)^2 + (a_1 - a_2)^2 + (b_1 - b_2)^2}$$

ΔE : 색차지수 값

L_1 : 처리구 시료의 명도 값 L_2 : 대조구 시료의 명도 값

a_1 : 처리구 시료의 적색도 값 a_2 : 대조구 시료의 적색도 값
 b_1 : 처리구 시료의 황색도 값 b_2 : 대조구 시료의 황색도 값

pH 측정

pH는 시료와 증류수 1:9의 비율로 넣어 균질기(SMT pH 91, SMT, Tokyo, Japan)로 12,000 rpm으로 2분 동안 균질화 시킨 용액을 pH meter (Orion 3-star, Thermo Scientific, Waltham, MA, USA)로 3회 반복 측정하였다.

경도 측정

피망의 경도변화는 Texture Analyzer (CT3-1000, Brookfield Engineering Laboratories, Inc. Stoughton, MA, USA)를 사용하여 측정하였다. Compression type에서 target value는 5.0 mm이었으며, trigger load는 70 g, test speed는 2.50 mm/s의 속도로 측정하였다. Plain vee probe와 TA-SBA fixture를 사용하였고, 각 시료의 측정치는 5회 이상 반복 실험하여 평균값과 표준편차로 표시하였다.

일반성분 분석

각 시료의 일반성분 분석은 AOAC법(1990)에 준하여 측정하였다. 수분함량은 105°C 상압가열법, 조단백질 함량은 semi-micro Kjeldahl법, 조지방 함량은 Soxhlet법, 조회분 함량은 550°C 직접 회화법을 사용하여 측정하였다.

비타민 C 함량

비타민 C의 함량은 시료 5.00±0.05 g을 정확히 칭량하여 5% metaphosphoric acid용액 50 mL를 가하고 homogenizer (Polytron RT 2500 E, Kinematica AG, Luzern, Switzerland)로 2분간 균질화 시킨 후 Whatman No. 2 여과지(Whatman International Ltd., Maidstone, Kent, UK)로 감압 여과하여 50 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 µm membrane filter (Millipore Corporation, Billerica, MA, USA)로 여과하여 Agilent Technologies 1200 series HPLC system (Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. HPLC 분석조건은 column으로 Mightysil RP-18 GP column (4.6×250 mm, 5 µm, Kanto Chemical, Tokyo, Japan)을 사용하였고, 유속은 0.6 mL/min이었으며 이동상은 0.1% trifluoroacetic acid를 사용하였다. 시료의 주입량은 10 µL이었으며, UV detector를 사용하여 254 nm에서 비타민 C를 분석하였다(Hwang et al., 2012).

유리당 함량

유리당 함량은 시료 10.00±0.10 g에 증류수 90 mL를 가하여 200 rpm, 3시간 진탕 추출한 후 Whatman No. 2 여과지(Whatman International Ltd., Maidstone, Kent, UK)로 감압 여과하여 100 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 µm membrane filter(Millipore Corporation, Billerica, MA, USA)

로 여과하여 Agilent Technologies 1200 series HPLC system (Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. HPLC 분석조건은 column으로 Shodex Asahipak NH2P-5-4E(5 µm, 4.6×250 mm, Tokyo, Japan)를 사용하였고, 검출기는 ELSD를 사용하였으며, 이동상은 70% acetonitrile를 1.2 mL/min 속도로 흘려주었고 10 µL을 주입하여 분석하였다(Hwang et al., 2011). 표준물질로는 fructose 및 glucose를 사용하였다.

유기산 함량

유기산 함량은 Kim et al. (2012)의 방법을 변경하여 측정하였다. 즉, 시료 10.00±0.10 g에 증류수 90 mL를 가하여 200 rpm, 3시간 진탕 추출한 후 Whatman No. 2 여과지(Whatman International Ltd.)로 여과하여 100 mL로 정용하였다. 추출물은 0.20 µm membrane filter (Millipore Corporation)로 여과하여 Agilent Technologies 1200 series HPLC system (Palo Alto, CA, USA)로 분석하였다. 칼럼은 aminex HPX-87H ion exclusion column (7.8×300 mm, Bio-Rad, Hercules, CA, USA)를 사용하였고, 검출기는 UV detector로 215 nm에서 검출하였으며, 이동상은 0.008 N sulphuric acid 용액을 0.6 mL/min 유속으로 흘려주었고 10 µL을 주입하여 분석하였다. 표준물질로 oxalic acid, citric acid, succinic acid 및 fumaric acid를 사용하였다.

Peroxidase activity 측정

Peroxidase activity는 Lee et al. (2012)의 방법을 이용하여 측정하였다. 시료와 50 mM Tris-HCl (pH 7.0) 완충액을 1:9로 첨가하여 균질기로 2분간 균질화한 후, 원심분리기로 원심분리(4°C, 15,000 rpm, 10 min)하여 상등액을 조효소액으로 사용하였다. 0.1 M Tris-HCl (pH 7.0) 완충액 2.75 mL에 기질 0.45 M guaiacol 0.1 mL과 0.15 M H₂O₂ 0.1 mL를 첨가한 후 여기에 50 µL의 조효소액을 첨가하여 50°C 항온수조에서 1분간 반응시켰다. 효소 반응 후에 UV spectrophotometer (UV-1650 PC, Shimadzu, Tokyo, Japan)을 이용하여 470 nm에서 흡광도 변화로 효소 활성을 측정하였다.

통계분석

통계분석은 SPSS 통계프로그램(Statistical Package for the Social Science, Ver. 12.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 각 측정군의 평균과 표준편차를 산출하고 처리간의 차이 유무를 one-way ANOVA로 분석한 뒤 Duncan's multiple range test를 이용하여 $p < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

조직의 변화

열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 조직관

찰 결과는 Fig. 1과 같다. 조직관찰 결과 생피망과 비교했을 때 2-3분 정도의 짧게 가열처리시 조직세포는 생피망의 세포조직과 유사하게 세포벽 분리나 파괴가 이루어지지 않은 반면 열수침지 및 과열증기 5-7분 처리시 세포조직과 세포벽이 부서지거나 파괴되어 형태가 불규칙적인 것이 다수 관찰되었다. 특히 볶음처리는 다른 열처리보다 불에 직접적인 열처리에 의한 carbonization이 관찰됐고, 60초 처리 군부터 세포벽의 파괴 정도가 심해지면서 그 형태를 관찰하기 힘들었다. 열처리 방법별 비교에서는 볶음처리 시료의 손상 정도가 가장 심하였고, 열수침지법 보다 증기처리법이 시료의 세포조직 형태를 우수하게 유지되는 것으로 관찰되었다. Lee et al. (2011)은 일반적으로 가열처리가 세포를 손상시키고 세포의 미세구조를 파괴시킨다고 보고했는데, 본 실험에서는 짧은 시간 동안 열처리한 시료의 세포벽 및 조직의 형태가 파괴되지 않고 유지된 반면, 5분 이상의 열수 및 증기처리와 볶음처리로 인해 세포벽이 파괴되어 가열처리 방법과 시간에 따라 조직 파괴 정도가 다양하게 나타나는 것으로 확인되었다.

색차 및 pH 변화

식품의 외관은 소비자가 식품 구매시 일차적 선택 요인이 된다. 채소류의 색 변화 정도는 조리수의 종류와 산도, 채소의 pH, 클로로필 함량, 가열온도와 처리시간 등에 영향을 받는 것으로 보고되어 있다(Kim et al., 2012). Hunter color system의 색을 나타내는 total color difference

(ΔE) 지표를 수치로 표현한 값이 3.0-6.0은 현저한 차이, 6-12사이는 극히 현저한 차이를 나타내고, 12 이상은 다른 계통의 색으로 나타낸다고 보고하였다(Korea Food Information Institute, 2013). 열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 색도를 측정된 결과는 Table 1과 같다. 열수침지 및 과열증기처리는 단기간인 1-2분 처리시 대조구(L: 30.8, a: 1.23, b: 23.93)에 비해 밝기(L값, 열수: 32.95, 증기: 34.4)가 증가하고 적색도(a값, 열수: -1.55, 증기: -1.44)가 감소하며 더욱 선명한 녹색을 나타냈다. 또한, 가열처리 시간이 증가함에 따라 적색도 값은 증가하였고 색차값(ΔE) 값은 감소했지만, 가열처리 240초 이후부터는 녹색빛을 잃으며 적색도 값이 증가하고 전체적으로 색차값(ΔE) 값이 증가하는 경향을 나타냈다. 10초 볶음 처리구도 열수 및 증기처리와 마찬가지로 색의 발현이 잘 되며 녹색이 짙어짐에 따라 적색도 및 황색도가 감소하고 색차값(ΔE)이 증가했으나 가열처리 시간이 증가함에 따라 피망의 녹색 색소의 파괴 정도가 심해지고, 적색도 및 황색도 값이 증가되어 상대적인 색차값(ΔE)이 줄어든 것으로 사료된다. 가열처리에 의해 유의적으로 갈변효소가 실활되었지만 (Fig. 2) 피망의 색변화는 큰 것으로 관찰되었는데, 이는 가열처리 중 비효소적 갈변반응인 maillard 반응과 caramel 화 반응에 의해 갈변반응이 진행되어 나타난 결과로 생각된다.

열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 pH측정 결과는 Fig. 3과 같다. 생 피망의 pH는 5.57이었고, 열수침

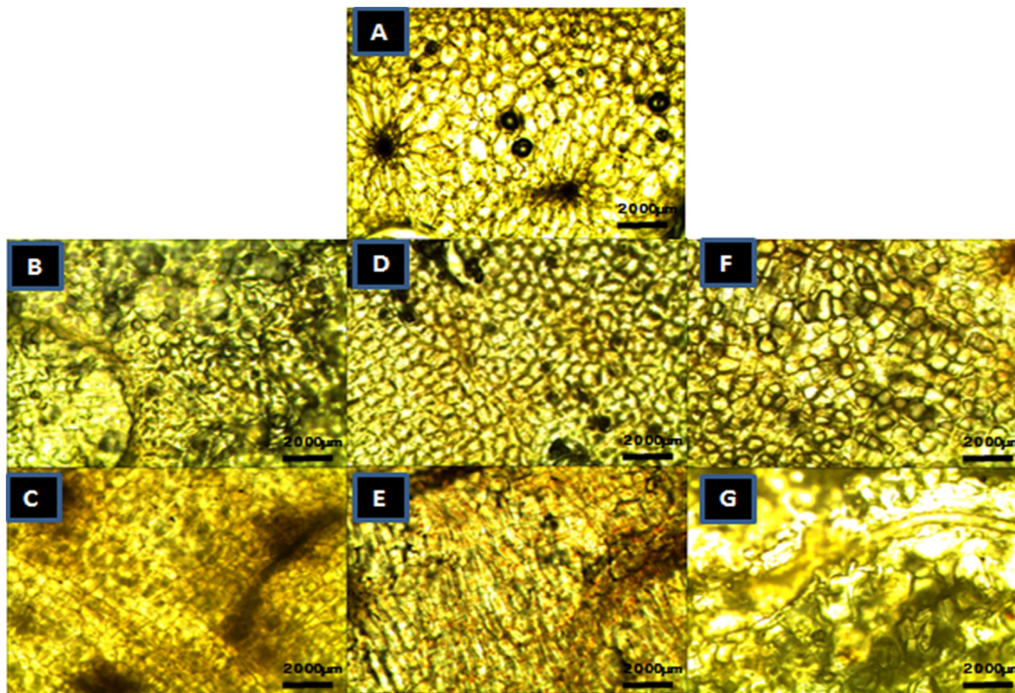


Fig. 1. Effects of different thermal pre-treatment on tissue of sweet pepper (magnification of 100 \times). A: raw sweet pepper, B and C: blanching treatment for 2 min or 5 min, respectively, D and E: steaming treatment for 3 min or 7 min, respectively, F and G: stir-frying treatment for 30 sec or 60 sec, respectively.

Table 1. Effects of different thermal pre-treatment on the color and total color difference (ΔE) of bell peppers

Treatments	Time (sec)											
	0	60	120	180	240	300	360	420	480	540	600	
Hot water	L	30.80±1.47 ¹⁾	32.95±1.55	32.65±0.25	31.05±1.25	29.25±1.25	31.65±0.05	28.95±0.45	29.02±0.50	30.6±0.70	33.05±0.45	32.65±0.25
	a	1.23±0.40	-1.55±0.15	-0.45±0.15	-0.55±0.15	1.60±0.70	0.4±0.20	1.30±0.20	1.20±0.30	1.95±0.35	2.35±0.85	3.80±0.50
	b	23.93±2.05	22.5±2.30	23.9±0.80	21.5±1.80	22.3±0.60	22.8±1.20	21.30±1.10	22.25±0.65	21.05±0.55	22.55±0.15	20.8±0.10
	ΔE		3.8.0±1.70	2.50±0.50	3.00±2.50	2.30±1.30	1.60±0.30	3.20±1.50	2.30±2.90	3.00±1.0	2.90±1.10	4.50±2.20
Steaming	L	30.8±1.47	29.4±2.7	34.40±1.00	28.6±1.90	31.65±0.05	32.35±1.25	32.95±0.05	30.35±0.55	30.65±0.15	30.45±0.95	30.5±0.10
	a	1.23±0.40	0.10±0.10	-1.40±0.10	-2.25±0.45	-1.95±0.15	-1.20±0.10	0.50±0.30	0.70±0.20	0.85±0.05	1.40±0.30	2.20±1.00
	b	23.93±2.05	16.7±1.00	20.95±0.25	21.55±0.15	23.65±0.25	21.65±0.25	23.95±1.45	23.05±0.75	23.10±2.90	23.35±0.45	21.25±1.15
	ΔE		7.50±1.80	5.40±1.40	4.80±1.30	3.30±1.00	3.70±0.30	2.30±0.50	1.10±0.70	0.90±1.20	0.70±0.40	3.00±1.50
Stir-frying	L	30.8±1.47	27.95±0.75	28.65±0.45	32.9±0.90	30.15±0.85	28.25±2.25	30.60±0.70	32.15±1.15	29.4±1.00	-	-
	a	1.23±0.40	-0.35±0.65	0.45±0.05	-2.15±0.25	-1.60±0.20	-1.50±0.80	-1.80±0.40	0.05±0.25	2.00±2.00	-	-
	b	23.93±2.05	17.45±3.25	20.60±3.40	20.30±1.30	20.25±0.65	22.90±0.50	23.40±0.70	21.5±0.90	23.5±1.50	-	-
	ΔE	-	7.30±1.80	4.30±1.40	5.40±0.90	4.70±2.00	3.90±0.30	3.10±1.20	3.00±2.30	1.70±0.60	-	-

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

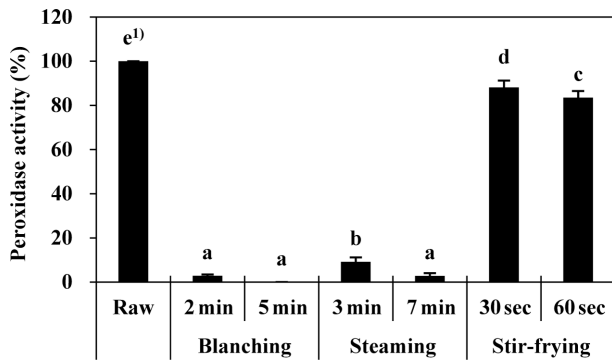


Fig. 2. Effects of different thermal pre-treatment on the peroxidase activity of bell peppers. ¹⁾Values with different letters on the bars are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

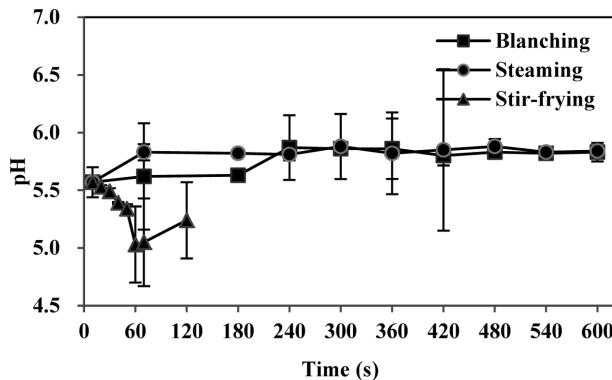


Fig. 3. Effects of different thermal pre-treatment on the pH of bell peppers.

지 및 가열증기 처리 후 5.57-5.83 범위로 다소 증가하는 경향을 보였으며, 볶음 처리시에는 5.05-5.53로 생 피망에 비해 감소하는 것으로 나타났다. Kim et al. (2012)의 연구에는 오이, 피망, 당근 등의 경우 열수침지 및 과열증기

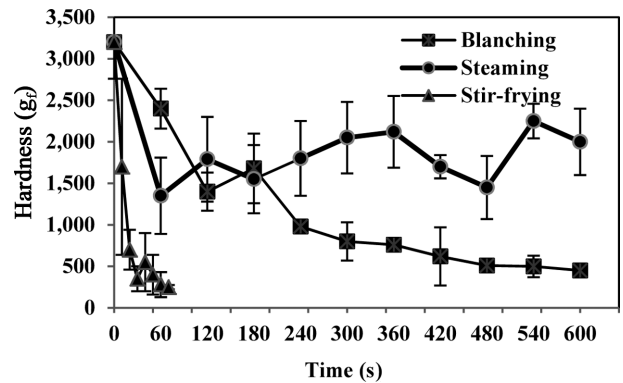


Fig. 4. Effects of different thermal pre-treatment on the hardness of bell peppers.

처리 후 pH는 증가하는 경향을 보였고, 반면 Clydesdale et al. (1972)은 채소류는 가열 중 glutamine이 열로 인한 분해로 생성되는 pyrrolidone carboxylic acid로 인해 pH가 감소한다고 보고한 바 있고, Christensen (2000)은 열처리 공정에 의해 단백질의 구조가 사라지거나 변형됨에 따라 pH가 변할 수 있다고 보고하였는데, 볶음처리는 직접적인 열 전달로 인해 단백질 구조가 변형되고 분해됨에 따라 생성된 산이 pH를 감소시킨 것으로 생각된다.

경도 변화

열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 강도 측정 결과는 Fig. 4와 같다. 열처리 시간의 경과에 따라 전체적으로 경도가 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 열수침지 처리 경우 4분 처리만으로 1,000 gf 정도로 생 피망 (3,200 gf)에 비해 62.5%정도 감소하였으며, 처리 시간에 따라 감소하는 경향을 나타냈다. 과열증기 처리의 경우 열처리 2분까지는 감소했으나 그 이후에는 일정한 경향을 나타내지 않았다. 볶음 처리는 20초 열처리만으로 절단하는데

필요한 힘이 700 g_r로 생 시료에 비해 78%정도 감소하며 단기간에 물성이 연화되는 결과를 나타냈다. Lee et al. (2011)은 대파를 열처리 한 결과, 온도가 높아지거나 시간의 길어질수록 경도가 감소했다고 보고했고, Kum et al. (1996)도 채소류를 온도 및 시간의 경과에 따라 경도가 감소했다고 보고했는데, 이는 채소류에서 세포간의 응집력 및 결합이 약해지면서 피망의 단단함이나 질긴 정도가 감소하기 때문이라고 보고된 바 있다(Lee et al., 2011).

일반성분 함량 변화

열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 일반성분 변화는 Table 2와 같이 가열처리 방법에 따라 유의적인 ($p<0.05$) 영향을 받는 것으로 나타났다. 생 피망의 일반성분 함량은 수분 93.97%, 조단백질 0.68%, 조지방 0.14% 및 조회분 0.47%이었고, 각각의 방법으로 가열 처리한 피망의 일반성분 함량 범위는 수분 94.68-95.61%, 조단백질 0.52-0.60%, 조지방 0.14-0.33% 및 조회분 0.26-0.38% 범위였다. 가열처리 후 피망의 조단백질 및 조회분 함량은 감소하였으며, 조지방 함량은 열수침지 및 과열증기 처리에 따른 변화는 적었지만, 볶음처리 후 조지방 함량은 첨가된 기름으로 인해 증가하였다. 열수침지 처리시 일반성분 함량 변화가 컸는데, 이는 조리수에 피망이 직접 노출되어 연화된 피망 조직으로부터 영양성분이 쉽게 용출되어 나타난 결과로 생각된다(Hwang et al., 2012).

비타민 C 함량 변화

열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 비타민 C 함량 변화는 Fig. 5와 같다. 생 피망의 비타민 C 함량은 91.38 mg/100g으로 나타났으며, 가열처리 후 40.92-64.53 mg/100g 범위로 유의적으로 ($p<0.05$) 감소하였다. 열수침지, 과열증기 및 볶음 처리 시간이 길어질수록 비타민 C 함량은 감소하였으며, 열수침지>과열증기>볶음 처리 순으로 감소량이 큰 것으로 나타났다. Hwang et al. (2012)의 연구에서 조리방법에 따른 고추의 비타민 C 함량은 boiling > steaming > stir-frying > roasting 순으로 감소량이 많았고, 조리시간이 길어질수록 감소하는 것으로 나타나 본 연구

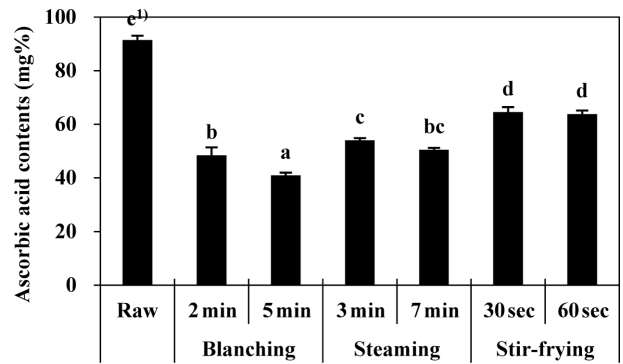


Fig. 5. Effects of different thermal pre-treatment on the ascorbic acid contents of bell peppers. ¹⁾Values with different letters on the bars are significantly different ($p<0.05$) by Duncan's multiple range tests.

결과와 유사하였다. Kim et al. (2012)의 연구에서도 햇순 나물의 비타민 C 함량은 시료에 따라 차이를 보였지만, 블랜칭 처리 후 약 29-88% 범위로 감소하는 것으로 보고하였다. 또한, 많은 연구에서 블랜칭 처리 후 비타민 C 함량은 감소하는 것으로 보고하였다(Chung and Lee, 1989; Somsu et al., 2008; Kim et al., 2012; Lee and Jung, 2012). 블랜칭에 따른 비타민 C 함량의 감소는 블랜칭 처리 중 열에 의한 파괴나 조리수로의 용출, 세척 단계에서 효소나 산소에 의한 산화 등에 의한 결과로 생각된다.

유리당 및 유기산 함량 변화

열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 유리당 함량 변화를 분석 결과는 Fig. 6과 같이 fructose 및 glucose 가 주요 당으로 검출되었다. 생 피망의 fructose 및 glucose 함량은 각각 1.08 및 1.25%이었고, 블랜칭 처리 후 함량은 각각 0.59-0.99% 및 0.73-1.15% 범위로 유의적으로 ($p<0.05$) 감소하였다. 가열처리 방법별 유리당 함량은 열수침지>과열증기>볶음 처리 순으로 감소량이 컸으며, 가열처리 시간이 길수록 감소량도 증가하는 경향을 보였다. 특히, 열수침지 처리시 유리당 함량이 상대적으로 크게 감소하였는데, 이는 수용성 성분인 당이 조리수로 다량 용출되어 나타난 결과로 생각된다(Lee & Jung, 2012). Son et al.

Table 2. Effects of different thermal pre-treatment on the proximate composition in bell peppers

Thermal pre-treatment	Moisture (%)	Crude protein (%)	Crude fat (%)	Crude ash (%)
Raw	93.97±0.03 ^{1)a2)}	0.68±0.00 ^c	0.14±0.04 ^a	0.47±0.01 ^e
Blanching	2 min	95.10±0.02 ^d	0.55±0.00 ^b	0.32±0.01 ^b
	5 min	95.61±0.01 ^e	0.52±0.00 ^a	0.26±0.01 ^a
Steaming	3 min	94.68±0.02 ^b	0.60±0.00 ^d	0.37±0.01 ^d
	7 min	94.87±0.05 ^e	0.59±0.01 ^{cd}	0.35±0.01 ^b
Stir-frying	30 sec	94.73±0.04 ^b	0.60±0.00 ^d	0.38±0.01 ^d
	60 sec	94.71±0.19 ^b	0.59±0.00 ^c	0.38±0.02 ^d

¹⁾Each value is mean±SD (n=3).

²⁾Values with different superscripts in a column indicate significant difference ($p<0.05$) by Duncan's multiple range test.

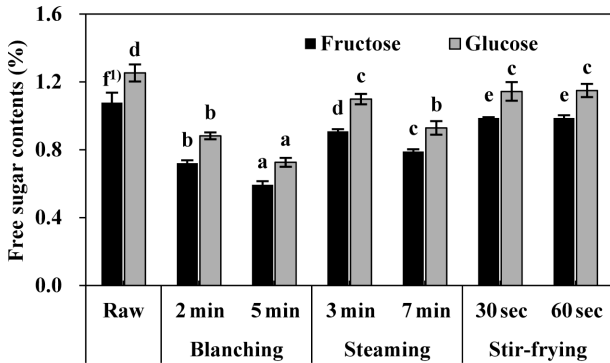


Fig. 6. Effects of different thermal pre-treatment on the free sugar contents of bell peppers. ¹⁾Values with different letters on the bars are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

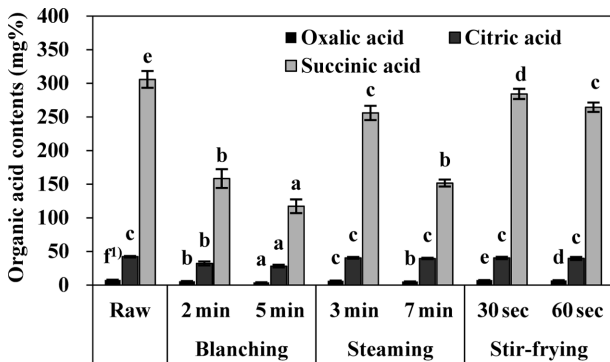


Fig. 7. Effects of different thermal pre-treatment on the organic acid contents of bell peppers. ¹⁾Values with different letters on the bars are significantly different ($p < 0.05$) by Duncan's multiple range test.

(2013)의 연구에서도 갯기름 나물을 블랜칭 처리 후 유리당 함량은 감소하는 것으로 보고하였다.

열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 유기산 함량을 분석 결과는 Fig. 7과 같이 가열처리 방법과 처리 시간에 따라 유의적인($p < 0.05$) 차이를 보였다. 피망의 유기산으로는 oxalic acid, citric acid, succinic acid 및 fumaric acid가 검출되었고, 그 중 citric acid와 succinic acid가 주된 유기산으로 나타났다. 생 피망의 oxalic acid, citric acid, succinic acid 및 fumaric acid 함량은 각각 7.86, 42.36, 305.75 및 2.51 mg%이었고, 가열처리 후 각각의 유기산 함량은 4.25-7.43, 28.23-40.36, 117.24-255.97 및 0.33-2.34 mg% 범위로 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였다. 열수침지 및 과열증기 처리시 유기산 함량 감소폭이 큰 것으로 나타났으며, 특히 succinic acid와 fumaric acid 함량 변화가 컸다. Lee & Jung (2012)과 Kim et al. (2012)의 연구에서 세발나물 및 햇순나물의 유기산 함량은 블랜칭 처리에 의해 감소하는 것으로 나타났고, 이는 blanching 처리 과정 중 열에 의해 유기산이 휘발되거나 조리수로의 용출

로 인한 결과로 보고하였다.

Peroxidase activity

Peroxidase는 과채류에 광범위하게 존재하는 갈변효소로서 식품의 변색, 향미 손상, 영양소 파괴를 일으키므로 효소로 인한 품질변화를 막기 위해 동결 전 가열처리를 실시하여 효소를 불활성화 시킨다(Lee et al., 2011). 열수침지, 과열증기 및 볶음 처리에 따른 피망의 peroxidase activity를 측정된 결과는 Fig. 2와 같이 가열처리 후 peroxidase activity는 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다. 열수침지 2, 5분간 처리시 peroxidase 불활성화율은 각각 97 및 100%이었고, 과열증기 3, 7분 처리시에는 각각 90 및 97%로 효과적으로 peroxidase 효소를 불활성화 시키는 것으로 나타났다. 반면 볶음 처리 30 및 60초 처리 시에는 각각 11 및 16%의 낮은 peroxidase 불활성화율을 보였는데, 이는 열수침지 및 과열증기 처리에 비해 처리시간이 상대적으로 적어 나타난 결과로 생각된다. Lee et al. (2011)은 대과, Lee et al. (2012)은 취나물, Ko et al. (1998) 등은 풋콩에 블랜칭 처리함으로써 peroxidase가 불활성화 된다고 보고하여 본 연구 결과와 일치하였다.

요 약

본 연구에서는 피망의 동결 전 가열처리 조건을 선정하기 위해 열수침지, 과열증기 및 볶음 처리 조건에 따른 품질 특성 변화를 조사하였다. 피망의 외관, 색도, 경도, 미세구조 관찰 등의 결과로 각 방법별 두 가지 조건을 선정 후 영양학적 품질 조사를 실시하였다. 가열처리 후 피망의 ΔE 값은 처리 시간에 따라 감소하는 경향을 보였고, 특히 볶음 처리시 감소폭이 큰 것으로 나타났다. 열수침지 및 과열증기 처리에 따른 pH 변화는 적었지만, 볶음 처리 후 감소하였다. 경도는 가열처리 후 대체적으로 감소하는 경향을 보였고, 열수침지 및 볶음 처리 시간이 길수록 경도는 급격히 감소하는 경향을 보였다. 피망의 일반성분, 비타민 C, 유리당 및 유기산 함량은 가열처리 방법 및 처리 시간에 따라 유의적인 영향을 받았다. 비타민 C 함량은 열수침지>과열증기>볶음 처리 순으로, 처리 시간이 길수록 감소량이 큰 것으로 나타났다. 피망의 수용성 성분인 유리당 및 유기산 함량은 볶음 처리에 비해 열수침지 및 과열증기 처리시 감소량이 많았다. Peroxidase 활성은 짧은 시간의 열수침지(2분) 및 과열증기(3분) 처리에도 약 90% 이상의 불활성화율을 나타냈지만, 볶음 처리시에는 peroxidase 활성 억제 효과가 20% 이하로 낮았다. 이상의 결과로부터 피망의 가열처리 조건은 색도, 경도, 비타민 C, 유리당 등 변화는 적고 peroxidase 억제 효과가 높은 증기처리법으로 3분간 처리하는 것이 적합할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 공동연구사업(PJ009440) 및 2014년도 농촌진흥청 국립농업과학원 박사후연수과정지원사업에 의해 이루어진 것임.

References

- AOAC. 1990. Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. pp 8-35.
- Cheigh CI, Lee JH, Chung MS. 2011. Quality characteristics of vegetables by different steam treatments. *Korean J. Food & Nutr.* 24: 464-470.
- Choi IL, Lee YB, Kim IS, Kang HM. 2012. A comparison of the storability in MA storage and the quality of paprika fruit among cultivars. *J. Bio-Environ. Control.* 21: 252-260.
- Chung HM, Lee GJ. 1989. The effects of blanching temperature and cooking methods on the changes in vitamin C of potato. *Korean J. Food Sci. Technol.* 21: 788-794.
- Clydesdale FM, Kin YD, Francis FJ. 1972. Formation of 2-pyrrolidone-S-carboxylic acid from glutamine during processing and storage of spinach puree. *J. Food. Sci.* 37: 45-47.
- Holzwarth M, Korhummel S, Carle R, Kammerer DR. 2012. Evaluation of the effects of different freezing and thawing methods on color, polyphenol and ascorbic acid retention in strawberries (*Fragaria×ananassa* Duch.). *Food Res. Int.* 48: 241-248.
- Hwang IG, Kim HY, Lee J, Kim HR, Cho MC, Ko IB, Yoo SM. 2011. Quality characteristics of Cheongyang pepper (*Capsicum annuum* L.) according to cultivation region. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 40: 1340-1346.
- Hwang IG, Shin YJ, Lee S, Lee J, Yoo SM. 2012. Effect of different cooking methods on the antioxidant properties of red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Prev. Nutr. Food Sci.* 17: 286-292.
- Jang MY, Jo YJ, Hwang IG, Yoo SM, Choi MJ, Min SG. 2014. Physicochemical characterization and changes in nutritional composition of onions depending on type of freezing process. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1055-1061.
- 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. Culinary Res.* 18: 40-53.
- Kim JG, Nimikeatkan H, Choi JW, Lee SG. 2012. The Effects of calcinated calcium solution washing and heat treatment on the storage quality and microbial growth of fresh-cut broccoli. *J. Bio-Environ. Control.* 21: 411-418.
- Kim MH, Jang HL, Yoon KY. 2012. Changes in physicochemical properties of *Haetsum* vegetables by blanching. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 41: 647-654.
- Ko JW, Chung HS, Lee JH, Choi YH. 1998. Effects of blanching and salting on the quality of immature soybeans during frozen storage. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* 5: 320-325.
- Korea food information institute. 2013. Professional partner of food industry. KFI13-DA-V07, Daejeon, Korea. pp. 21.
- Kum JS, Han ouk. 1996. Effects of ceramic coating for microwave blanching on vegetables. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 951-957.
- Lee AR. 1992. Changes in color of spinach leaves by blanching. *Korean J. Food Cookery Sci.* 8: 15-20
- Lee GH, Jeong CS. 2002. Effects of MA storage with NaCl for red chili pepper and red bell pepper fruits. *Korean J. Food Preserv.* 9: 8-13.
- Lee HO, Kim JY, Kim GH, Kim BS. 2012. Quality characteristics of frozen *Aster scaber* according to various blanching treatment conditions. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 41: 246-253.
- Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Kwon KH, Kim BS. 2013. Changes in the quality of frozen vegetables during storage. *Korean J. Food Preserv.* 20: 296-303.
- Lee HO, Lee YJ, Kim JY, Yoon DH, Kim BS. 2011. Quality characteristics of frozen welsh onion (*Allium fistulosum* L.) according to various blanching treatment conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 426-431.
- Lee JJ, Jung HO. 2012. Changes in physicochemical properties of *Spergularia marina* Griseb by blanching. *Korean J. Food Preserv.* 19: 866-872.
- Lee KS, Park KH, Lee SH, Choe EO, Lee HG. 2003. The quality properties of dried carrots as affected by blanching and drying methods during storage. *Korean J. food Sci. Technol.* 35: 1086-1092.
- National Rural Resources Development Institute(NRRDI). 2006. Food composition table. 7nd ed. National Rural Resources Development Institute, R.D.A, Suwon, Korea. p 158.
- Park S, Noh B, Han K. 2012. Standardization of manufacturing process and storage condition for pre-processed foodstuffs(pre-processed *Namul*; peeled balloon flower roots and parboiled bracken). *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 1611-1618.
- Park WP, Cho SH, Kim CH. 2003. Changes in quality characteristics of bell pepper packaged with different films. *Korean J. Food Preserv.* 10: 131-135.
- Sila DN, Smout C, Vu ST, Loey AV, Hendrick M. 2005. Influence of pretreatment conditions on the texture and cell wall components of carrots during thermal processing. *J. Food Sci.* 70: 85-91.
- Somsab W, Kongkachuichai R, Sungpuag P, Charoensiri R. 2008. Effects of three conventional cooking methods on vitamin C, tannin, myo-inositol phosphates contents in selected Thai vegetables. *J. Food Compos. Anal.* 21: 187-197.
- Son HK, Kang ST, Jung HO, Joon LJ. 2013. Changes in physicochemical properties of *Peucedanum japonicum* Thunb. after blanching. *Korean J. Food Preserv.* 20: 628-635.
- Sun SH, Kim SJ, Kim GC, Kim HR, Yoon KS. 2011. Changes in quality characteristics of fresh-cut produce during refrigerated storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* 43: 495-503.