

파프리카 첨가가 분쇄조리돈육 저장 중 지방산화억제에 미치는 영향

박재희 · 김창순[†] · 김혁일¹
국립창원대학교 식품영양학과, ¹계명대학교 식품가공학과

The Effect of Paprika (*Capsicum annuum* L.) on Inhibition of Lipid Oxidation in Cooked-Ground Pork during Storage

Jae-Hee Park, Chang-Soon Kim[†], Hyuk-il Kim¹
Department of Food and Nutrition, Changwon National University,
¹Department of Food science and Technology, Keimyung University

Abstract

This study investigated the effects of 3% ground fresh paprika (FP) and 5% freeze-dried paprika powder (FDP) on lipid oxidation inhibition and warmed-over flavor (WOF) development in cooked ground pork (CGP; meat:fat = 70:30), using two packaging methods (atmosphere packaging and vacuum packaging) during 8 days at 4°C and 4 months at -26°C. In the CGP containing FP with atmosphere packaging, at both 4°C and -26°C, peroxide formation increased sharply, and was similar to that of the CGP without paprika. Peroxide formation, in both the CGP without paprika and with FP and packaged with vacuum packaging, respectively, was much lower than that found with atmosphere packaging. Vacuum packaging was superior to atmosphere packaging for lipid oxidation inhibition. In the CGP containing FP with vacuum packaging and stored at -26°C, peroxide formation almost didn't occur, which was similar to the CGP containing FDP. The peroxide value and thiobarbituric acid (TBA) value did not increase in the CGP containing FDP over the storage periods (4°C and -26°C) for both the atmosphere and vacuum packaging. Therefore, FDP was the most effective for lipid oxidation inhibition during refrigerated storage, regardless of the packaging method. Both FP and FDP with vacuum packaging during frozen storage showed similar antioxidant activities. The development of WOF in the CGP containing FDP with vacuum packaging was delayed until 7 days at 4°C and 3 months at -26°C, respectively. WOF was highly correlated with TBA value in the CGP stored at -26°C with vacuum packaging ($r = 0.88, p < 0.05$). The oxidative stability of the lipid in the CGP containing FDP with vacuum packaging was excellent.

Key words : paprika, carotenoid, cooked ground pork, lipid oxidation, warmed-over flavor

1. 서 론

냉장이나 냉동저장 중의 생육이나 조리육에서 발생하는 품질저하의 주된 원인은 산화에 의한 것으로 보고되고 있으며(Raharjo S와 Sofos JN 1993), 육제품 가공 중에 분쇄와 조리과정은 지질과 철, 코발트, 구리와

같은 금속이온의 접촉을 증가시켜 지질산화물 생성 속도를 야기하게 된다(Katsanidis DC 등 2003, Schultz HW 등 1962). 불포화지방산 함량이 높은 조리육제품일수록 저장 중 발생하는 warmed-over flavor(WOF)가 증가되고 자동산화로 인한 지질과산화가 쉽게 초래된다(Sato I와 Hegarty GR 1971). 뿐만 아니라 생성된 과산화물들은 단백질, 아미노산, 효소, 생리활성물질들과 결합하여 독성물질로 전환되고 단백질 변성이 유도되어 육제품의 품질저하가 발생하게 되며(Gardener HW 1979), 더 나아가서 이러한 식품 섭취는 생체 내에서 암, 노화 등의 질병을 유발하게 된다(Yagi K 1999).

Corresponding author : Chang Soon Kim, Changwon National Univ.
Sarim-dong 9, Changwon, Gyeongnam 641-773, Korea
Tel : 82-55-279-7482
Fax : 82-55-281-7480
E-mail : cskim@changwon.ac.kr

자유라디칼에 의해 유발되는 지방산화와 같은 산화적 손상을 억제할 수 있는 주요 항산화성분들은 카로티노이드, 비타민 C, 페놀화합물, 플라보노이드 등이 있으며(Diplock TA 등 1998), 이들은 과일과 채소에 풍부하게 함유되어 있다. 역학조사연구에 의하면 카로티노이드 식이섭취가 암이나 심혈관질환 예방에 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다(Gey KF와 Puska P 1989, Gerster H 1991, Mayne ST 1996).

파프리카는 카로티노이드의 우수 급원으로 파프리카의 붉은색은 카로티노이드 중 xanthophylls에 속하는 capsanthin과 capsorubin이 30-80%로 주를 이루고 있으며(Deli J 등 2001) 비타민 C, E, 플라보노이드도 풍부하게 함유되어 있다(Markus F 등 1999). 일반적으로 파프리카는 분말이나 올레오레진 형태의 식품색소로 많이 이용되어져 왔다. 그러나 최근에는 capsanthin의 항산화효과가 몇몇 연구자들(Oshima S 등 1997, Matsufuji H 등 1998, Etoh H 등 2000)에 의하여 알려지면서 건강식품으로서 파프리카에 대한 관심이 증대되고 있다. 특히 파프리카 조직의 capsanthin은 자유라디칼 소거제로서 β -carotene보다 더 우수하다(Matsufuji H 등 1998)는 연구결과와 plasma lipoprotein에 노출된 singlet oxygen에 대한 항산화작용(Oshima S 등 1997)이 있음이 보고되었다.

한편 카로티노이드는 식물조직 내에 있을 때는 매우 안정하지만 열, 빛, 산소와 접촉시 불안정하게 된다(Klieber A와 Bagnato A 1999). 그러므로 항산화제로서 활용을 위한 파프리카 건조과정에서는 열적 손상을 최소화하고 항산화성분을 최대로 유지할 수 있는 건조조건이 요구되어진다. 이전 연구(Park JH와 Kim CS 2007a)에서 건조방법에 따른 파프리카의 잔존 항산화 성분, 즉 총 카로티노이드, capsanthin, 비타민 C, 총 폴리페놀 함량 비교 시 동결건조 파프리카 분말의 경우는 비타민 C, 진공건조 파프리카 분말은 capsanthin, 50°C 원적외선건조와 50°C 열풍건조 파프리카 분말은 총 카로티노이드가 다량 잔존하는 것으로 나타나 건조방법에 따라 각각의 항산화성분 함량에 차이가 있음이 밝혀졌다. 그리고 비열처리 돈지모형계에서 파프리카의 지질산화에 미치는 효과에 대한 연구(Park JH 등 2005)에서는 파프리카 첨가로 지질 산화물 생성과 불포화지방산 파괴가 현저히 억제되었으며, 원적외선 건조 파프리카분말보다 생 파프리카의 경우 지질산화 억

제 효과가 더 우수하였다. 이에 본 연구에서는 생 파프리카 및 동결건조 파프리카 분말을 돈육패티에 각각 첨가하여 가열조리 후 저장기간 동안 포장방법과 저장 온도에 따라 지방산화 및 WOF 생성 정도를 조사하여 조리육제품에서 파프리카의 항산화효과를 알아보고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

사용된 돈육은 지역 공급업자로부터 24시간 내에 도살된 돈육의 목살을 구입하여 외부 지방을 분리하여 사용하였다. 파프리카는 재배산지인 함안군 농가에서 직접 구입하여 세척 후 4등분하고 food processor (Rondo 2500, TEFAL, France)를 사용하여 3 mm 두께로 자른 후 생 파프리카는 생시료 그대로 분쇄(SQ-107, Ilzinjunggong Co., Korea)하여 사용하였고, 동결건조파프리카 분말은 동결건조기(Bondiro, Ilshin Lab Co., Ltd, Korea)에서 건조하여 분쇄 후 20 mesh체를 통과한 것을 사용하였다. 사용한 용매는 덕산(Duksan, Korea)으로부터 구입한 1 급 시약을 사용하였다.

2. 시료의 제조

분쇄조리돈육은 지방이 제거된 분쇄돈육 70 g과 분쇄 돈지 30 g을 위와 동일한 food processor(Rondo 2500, TEFAL, France)로 5분 동안 혼합하고, 물 0.5 g, 소금 2 g, 생 파프리카 3 g(돈육 무게의 %) 및 동결건조 파프리카 분말 5 g(돈육 무게의 5%)을 각각 첨가한 후 food processor로 5분간 재혼합하여 50 g씩 분할하고 patty 모양으로 성형하였다. 전보(Park JH와 Kim CS 2007b)에서 비열처리 돈지모형계에 분쇄한 생 파프리카 3% 첨가가 동결건조 파프리카 분말 5% 첨가보다 우수한 항산화력을 보여 첨가량을 위와 같이 정하였다. 이때 생 파프리카와 파프리카 분말의 사용량은 예비실험 결과 지방산화 억제력이 최대가 되는 첨가수준에 의거하여 각각 정하였다. 성형된 patty는 알루미늄 호일로 날개 포장하여 미리 200°C로 예열된 convection oven에서 10분간 구워 실온에서 식힌 후 진공 포장(포장재: 나일론/폴리에틸렌, 두께: 0.09 mm) 및 합기포장(포장재: 나일론 필름, 두께: 0.015 mm, 산소 투과도: 52.6 mL/m²·24 hrs)하여 각각 4°C에서 8일간, -26°C에

서 4개월 동안 저장하며 시료로 사용하였다.

3. pH 측정

분쇄조리돈육의 pH(Mettler Delta 320, Mettler-Toledo Ltd., England)는 Kim CH 등(2002)의 방법에 따라 시료 5 g을 증류수 20 mL와 혼합하고 Ultra-Turrax(T-25, Ika Werke, Germany)를 사용하여 8,000 rpm에서 1분간 균질화한 후 측정하였다.

4. 분쇄조리돈육의 지질산화 측정

과산화물가(peroxide value : POV)는 AOCS 방법(1960)에 따라 측정하였고, 사용된 지방은 Folch법(Gallina Toschi T 등 2003)으로 추출하였다.

Thiobarbituric acid(TBA)는 Tarladgis BG 등(1960)의 방법에 따라 분석하였고, TBA 값은 돈육 1 kg에 해당하는 malonaldehyde 함량을 mg으로 나타내었다.

지방산조성은 냉동 저장한 시료를 저장 0, 4개월에 GC/MS(GC/MSD 5973 series, Hewlett-Packard Co., USA)를 사용하여 분석하였다. 분석용 Column은 HP-INNOWAX(30×0.32ID×0.5 μm)를 사용하였고, 운반 기체인 He의 선상속도는 1.0 mL/min으로 조정하였다. 오븐 온도는 180°C에서 3분 유지한 후 220°C까지 6°C / 1 min으로 승온한 다음 5분 동안 유지하도록 하였다. MSD 분석 조건은 capillary direct interface 220°C, ion source 230°C, ionization energy 70eV, mass range 33-500 atomic molecular unit, electron multiplier voltage 1,500V로 하였다. 지방산 함량은 각 peak 면적의 상대적 비율로 계산하였다.

5. 관능검사를 통한 WOF 발생시기 측정

냉장, 냉동 저장 기간 중의 분쇄조리돈육에서 산패취 발생시기를 확인하기 위하여 저장일수별로 시료를 채취하여 1분 동안 마이크로웨이브오븐에서 재가열후 제시하였다. 매번 검사 시 저장하지 않은 신선 분쇄조리육을 대조구로 하였고 저장시료들과 대조구간의 WOF 차이는 7점 척도로 평가하였다(0; 대조구와 차이 없음, 1; 대조구와 아주 적은 차이, 2; 대조구와 차이 있지만 수용 가능, 3; 수용 정도 감소 시작, 4; 수용 정도의 현저한 감소, 5; 수용 정도가 매우 크게 감소, 6; 수용불가능). 이때 훈련된 대학원생 및 학부생 8명을 관능검사 패널로 선정하여 불완전블록법으로 1회 시료제시수는 4개씩 제

공하였다.

6. 통계분석

각 실험결과의 통계처리는 SPSS 통계프로그램으로 분산분석을 실시하였으며, Duncan의 다중범위 검정으로 시료간의 유의성을 $p < 0.05$ 수준에서 검증하였고, WOF와 TBARS 간의 상관관계를 Pearson 상관계수로 나타내었다.

III. 결과 및 고찰

1. 분쇄조리돈육의 pH 변화

저장기간 동안 분쇄조리돈육의 pH는 Fig. 1과 같다. 냉장, 냉동 분쇄조리돈육에서 모두 파프리카 분말 무첨가군의 pH가 가장 높았고 파프리카 첨가군에서 pH가 감소하는 경향을 나타내었다. 그리고 생 파프리카(Fresh paprika: FP)보다 동결건조 파프리카 분말(Freeze-dried paprika: FDP)에서 pH가 더 감소하는 경향을 보였는데, Jeong CH 등(2006)은 파프리카 내 함유되어 있는 주요 유기산을 tartaric acid, succinic acid,

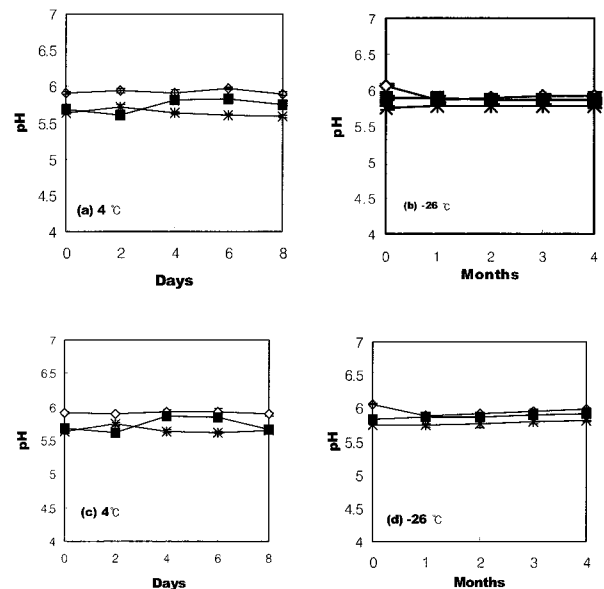


Fig. 1. Changes in pH of cooked-ground pork treated with FP 3% and FDP 5% using atmosphere (a, b) and vacuum (c, d) packaging during storage at 4°C and -26°C

◇: cooked-ground pork without paprika,
 ■: cooked-ground pork treated with fresh paprika 3%,
 *: cooked-ground pork treated with freeze-dried paprika 5%

malic acid로 보고하고 있어, FP에 비해 FDP의 고형분 함량이 높은데서 기인하는 다량의 유기산의 함량 차이 때문인 것으로 보인다. 나일론 필름 포장이나 진공포장에 의한 pH의 변화에는 큰 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 양념갈비의 품질에 관한 연구(Kim CH 등 2002)에서 저장기간 동안 나일론/폴리에틸렌 필름, 진공 포장 등의 포장방법이 pH 변화에 영향을 보이지 않았다는 연구결과와 유사하였다.

2. 분쇄조리돈육의 과산화물가와 TBA 변화

냉장, 냉동 저장한 분쇄조리돈육의 과산화물가는 진공포장 시료군 모두가 합기포장 시료군들에 비해 전반적으로 현저히 낮은 값을 보여 지방산화가 크게 억제됨을 알 수 있었다(Fig. 2). 합기포장(Fig. 2a, 2b)과 진공 포장(Fig. 2c, 2d) 모두에서 파프리카 무첨가군의 과산화물 생성이 가장 많았고, 그 다음이 FP, FDP 순서로 과산화물 생성이 억제되었다. 합기포장은 포장 시 유입된 산소에 의해 지방 산화가 더 빨리 진행되어 진공포장보다 과산화물이 빠르게 생성된 것으로 보인다.

FP 첨가군에서는 초기 생성된 과산화물이 합기포장 시에는 저장기간 동안 증가하는 경향이 뚜렷이 나타났으나 진공포장에서는 저장기간 동안 초기 형성된 과산화물 함량에 변화가 거의 없었다. 그리고 FDP 첨가 분쇄조리돈육을 합기포장과 진공 포장후 냉장, 냉동 저장기간 동안 과산화물 생성은 거의 일어나지 않았다. 냉장, 냉동 저장한 합기포장에서와 달리 냉동 저장한 진공 포장의 FP 첨가군과 FDP 첨가군의 과산화물 생성억제효과는 거의 유사하였다(Fig. 2d)

분쇄조리돈육의 냉장 저장기간 동안 TBA 함량 변화를 보면 합기포장 (Fig. 3a)과 진공포장(Fig. 3c) 모두에서 FDP가 분쇄조리돈육의 지질산화물 생성을 현저히 억제하였다. 이는 동결건조 녹차가루 0.1%를 첨가한 돈육 패티를 산소가 투과되는 polyethylene에 포장하여 4℃에서 15일 저장동안 TBA 값의 증가가 거의 없었다는 Jo C 등(2003)의 연구결과와 유사함을 알 수 있었다. 그러나 FP 첨가군은 파프리카 무첨가군에 비해서는 TBA 값의 증가율이 낮았지만 FDP 첨가군에 비해서는 급격하게 증가하는 양상을 보였다. 전보(Park JH

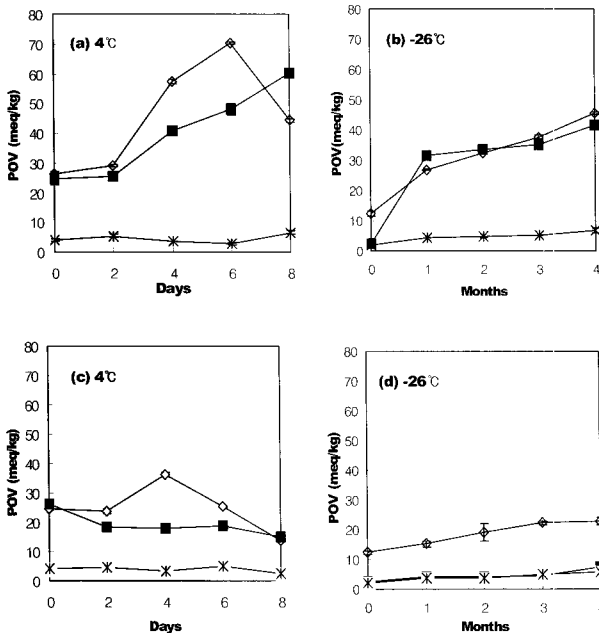


Fig. 2. Changes in POV of cooked-ground pork treated with FP 3% and FDP 5% using atmosphere (a, b) and vacuum (c, d) packaging during storage at 4°C and -26°C

-◇-: cooked-ground pork without paprika,
 -■-: cooked-ground pork treated with fresh paprika 3%,
 -*-: cooked-ground pork treated with freeze-dried paprika 5%

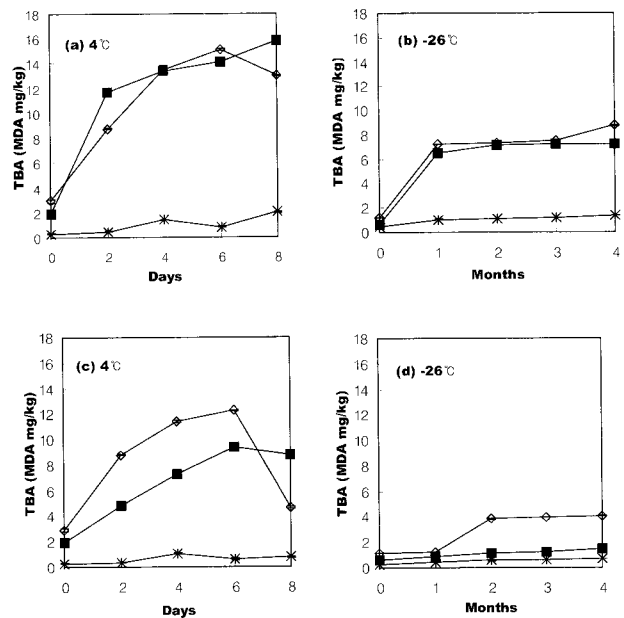


Fig. 3. Changes in TBA of cooked-ground pork treated with FP 3% and FDP 5% using atmosphere (a, b) and vacuum (c, d) packaging during storage at 4°C and -26°C

-◇-: cooked-ground pork without paprika,
 -■-: cooked-ground pork treated with fresh paprika 3%,
 -*-: cooked-ground pork treated with freeze-dried paprika 5%

와 Kim CS 2007a)에 의하면 FDP는 건조과정 중 일부 항산화성분이 이미 파괴되었지만 본 실험에서는 FDP 5%의 첨가가 92% 수분함량의 FP 3% 첨가에 비해 열처리에 의한 조리과정 중 상대적으로 총 항산화성분들이 다량 잔존하게 되어 강력한 항산화력을 발휘할 수 있었던 것으로 보인다. 그러나 본 연구팀(Park JH 등 2005)에서 보고한 비열처리 돈지모형계에서 FP 3% 첨가군이 원적외선 건조 파프리카 분말 5% 첨가군보다 우수한 항산화력을 나타내었던 것은 파프리카 분말보다 생 파프리카에 캡산틴이나 비타민 C와 같은 항산화성분이 현저히 높게 함유되어 있었으며(Park JH와 Kim CS 2007a) 열처리에 의한 조리과정이 없었으므로 파프리카의 항산화성분의 추가적인 파괴가 발생하지 않아 FP가 원적외선 건조 파프리카 분말에 비하여 우수한 항산화력을 나타내었던 것으로 사료된다.

냉동 분쇄 조리 돈육의 TBA 변화는 Fig. 3b, 3d에 나타내었으며 저장기간 동안 그 변화 경향이 과산화물가와 유사하게 나타났다. 합기포장에서 FDP 첨가 분쇄조리돈육의 지방산화 억제효과는 현저히 크게 나타났으나 파프리카 무첨가군과 FP 첨가군에서는 2차 지방 산화물 생성량이 크게 증가함을 알 수 있었다. 합기포장 후 냉동 저장한 FP 첨가군은 산소가 투과되어 돈육 내 금속이온이 산소분자를 활성화시켜 자동산화 초기반응이 촉진되고(Chae SK 1996), 다수 공액 이중 결합 형태를 가지는 파프리카의 캡산틴과 같은 카로티노이드 구조가 산소에 의해 파괴되면서 활성산소 소거능이 제대로 발휘되지 못한 것으로 사료된다(Gordon HT 등 1991). 진공포장으로 지질산화물 생성을 낮출

수 있었고, 특히 합기포장과 달리 진공포장 후 냉동 저장한 FP 첨가군의 2차 지방 산화물 생성 억제력은 FDP 첨가군과 유사하게 저장 초기의 TBA 값이 그대로 유지되어 지방산화 억제효과가 크게 나타났다. 진공포장하여 냉장 저장한 FP 첨가군은 산소는 차단되었으나 수분함량이 92%인 즙의 형태로 돈육에 첨가시 FDP(수분함량 14%)보다 상대적으로 돈육에 포함된 수분의 양이 많아지면서 금속의 운반체 작용이 더 활성화되어 지방산화가 빠르게 진행된 것(Chae SK 1996)으로 추측된다. 그러나 진공포장한 냉동 돈육은 지방산화를 촉진시키는 산소 출입이 차단되고, 수분은 빙결정 상태로 유동성이 결여되어 FP 3% 첨가군과 FDP 5% 첨가군에서 유사한 항산화력을 보인 것으로 사료된다. Bhattacharya M 등(1988)과 Koo YB(1989)도 진공포장한 시료가 다른 포장 방법에 비해 지질산화도가 낮게 나타났다고 보고하였고 Lim SD 등(1990)과 Amundson CM 등(1982)은 포장재의 투과성에 따라 산소 투과성이 낮은 포장재에 의해 포장된 시료의 산화정도가 더 낮았다고 보고하여 본 연구 결과와 유사한 경향을 보였다. 따라서 지방산화 억제력은 냉장저장에서는 포장재질에 관계없이 FDP가 효과적이었으며, 냉동 진공포장 저장에서는 FP와 FDP가 거의 유사한 효과를 나타내었다.

3. 냉동저장 중 분쇄조리돈육의 지방산 조성 변화

4개월 동안 냉동 저장한 분쇄조리돈육의 지방산 조성 변화는 Table 1에 나타내었다. 합기포장과 진공포장 모두에서 파프리카 무첨가군의 unsaturated fatty acid

Table 1. Changes in fatty acid composition of cooked-ground pork treated with FP 3% and FDP 5% using atmosphere and vacuum packaging during storage at -26°C (%)

Fatty acids	Atmosphere						Vacuum					
	NP		FP		FDP		NP		FP		FDP	
	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4	0	4 (month)
Myristic acid	1.63±0.00	1.90±0.00	1.83±0.05	1.66±0.01	1.79±0.01	1.80±0.01	1.63±0.00	1.81±0.00	1.83±0.05	1.94±0.02	1.79±0.01	1.90±0.01
Palmitic acid	22.62±0.00	24.60±0.01	23.93±0.12	24.73±0.03	22.46±0.06	23.29±0.06	22.62±0.00	23.51±0.01	23.93±0.12	23.66±0.09	22.46±0.06	23.29±0.02
Palmitoleic acid	2.75±0.00	2.30±0.01	2.64±0.07	2.50±0.06	2.79±0.09	2.94±0.11	2.75±0.00	2.76±0.27	2.64±0.07	2.68±0.06	2.79±0.09	2.46±0.03
Stearic acid	12.98±0.71	14.59±0.01	14.64±0.02	14.42±0.02	13.58±0.01	13.66±0.01	12.98±0.71	13.86±0.02	14.64±0.02	13.59±0.02	13.58±0.01	13.24±0.08
Oleic acid	43.11±0.03	39.94±0.28	40.60±0.00	38.11±0.01	41.62±0.01	41.24±0.17	43.11±0.03	40.11±0.05	40.60±0.00	39.55±0.08	41.62±0.01	41.10±0.01
Linoleic acid	14.36±0.20	14.00±0.11	13.43±0.04	15.27±0.02	14.55±0.05	13.95±0.03	14.36±0.20	14.67±0.04	13.43±0.04	14.55±0.38	14.55±0.05	14.56±0.09
Linolenic acid	1.40±0.01	0.67±0.01	0.82±0.01	0.71±0.00	0.88±0.01	0.86±0.01	1.40±0.01	0.91±0.00	0.82±0.01	0.95±0.03	0.88±0.01	0.83±0.01

Values are mean ± SD, n=3.

Abbreviations: NP = cooked-ground pork without paprika, FP = cooked-ground pork treated with fresh paprika 3%, FDP = cooked-ground pork treated with freeze-dried paprika 5%

(UFA) 파괴정도가 다소 높았으며 합기포장에 비해 진공 포장에서 UFA 파괴경향이 낮았고, 파프리카 첨가군의 경우 UFA 파괴정도가 낮아 지방산화 억제 효과를 보였고 FP와 FDP군 간의 UFA 파괴 억제 정도는 큰 차이가 없었다. 이는 Park GB 등(1998)의 연구에서 토코페롤을 첨가한 햄버거 패티를 -10°C 저장 시 분쇄 조리돈육에서 불포화지방산 파괴정도가 낮았던 경향과 유사하였다.

4. 냉장, 냉동저장 중 분쇄조리돈육의 WOF 발생 시기

WOF는 완전조리 혹은 부분 조리 육제품의 냉장 또는 냉동 저장 동안 발생하는 산화 불쾌치로 정의된다 (Tims MJ와 Watts BM 1958).

분쇄조리돈육을 제조한 후에 냉장에서 7일 동안 저장하면서 WOF를 측정 한 결과는 Table 2와 같다. 저장 1일, 4일, 7일에 관능검사를 실시하였는데 파프리카 무첨가 합기포장 돈육은 저장 초기에 WOF를 느낄 수 있었으며, 그 값의 증가폭이 크게 나타나 저장 7일에는 확연하게 WOF를 감지할 수 있었다. 합기포장한

FP에서도 저장 초기에 파프리카 무첨가군과 비슷한 WOF가 나타났으나 저장 4일까지 완만하게 증가하면서 그 이후 최종 저장일까지 유의적인 변화가 없었으며, FDP 첨가 진공 포장군의 WOF 증가 정도가 가장 낮았다. Mann TF 등(1989) 역시 조리분쇄우육에 Maillard 반응생성물, phosphate, nitrite와 같은 향산화제 첨가 시 WOF가 현저히 억제되었다고 하였다. 이는 지방산화로 형성된 알데하이드와 케톤의 혼합물이 WOF와 같은 비이상적인 향미 생성의 원인(Smith JS와 Alfawaz M 1995)이 되는데 파프리카 첨가로 인해 이러한 지방산화물 생성이 억제되면서 WOF 생성도 낮아진 것으로 보인다. 진공포장의 경우 파프리카 무첨가군은 합기포장한 FDP 첨가군보다 현저히 낮은 점수를 나타내었으며 FP와 FDP 첨가군의 WOF 생성 정도는 거의 신선육과 차이를 보이지 않아 진공 포장은 육제품의 품질을 유지하는데 매우 효과가 있음을 알 수 있었다. Nancy L 등(1989)은 -20°C에서 3개월 저장한 진공 포장 돈육이 CO₂나 N₂로 치환하여 포장한 군들보다 WOF 값이 낮았다고 보고하였다.

냉동저장한 분쇄조리 돈육의 WOF에 대한 결과를

Table 2. Results of the difference from control warmed-over flavor (WOF) of cooked-ground pork treated with FP 3% and FDP 5% using atmosphere and vacuum packaging during storage at 4°C compared to fresh cooked-ground pork

Storage period (days)	Atmosphere			Vacuum		
	NP	FP 3%	FDP 5%	NP	FP 3%	FDP 5%
1	^{1)C} 1.88 ^a	1.75 ^a	^B 1.13 ^b	0.88	0.75	0.5
4	^B 3.75 ^a	2.36 ^b	^{AB} 1.63 ^c	1.38 ^a	0.63 ^b	0.38 ^b
7	^A 4.5 ^a	2.13 ^b	^A 1.88 ^b	1.50 ^a	0.88 ^{ab}	0.63 ^b

Abbreviations: NP = cooked-ground pork without paprika, FP = cooked-ground pork treated with fresh paprika 3%, FDP = cooked-ground pork treated with freeze-dried paprika 5%

¹⁾⁰, equal to control; 1, slight difference; 2, more distinct difference but still acceptable; 3, beginning to lose acceptability; 4, more distinct loss of acceptability; 5, very distinct loss of acceptability; 6, unacceptability.

^{a-c}Means with the same letter in each row among samples are not significantly different ($p < 0.05$).

^{A-C}Means with the same letter in each column among samples are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Results of the difference from control warm-over flavor (WOF) of cooked-ground pork treated with FP 3% and FDP 5% using atmosphere and vacuum packaging during storage at -26°C compared to fresh cooked-ground pork

Storage period (months)	Atmosphere			Vacuum		
	NP	FP 3%	FDP 5%	NP	FP 3%	FDP 5%
1	^B 2.38 ^a	^B 1.38 ^b	^B 0.38 ^c	^C 1.25 ^a	^C 0.63 ^b	^B 0.13 ^b
2	^A 3.88 ^a	^A 2.38 ^b	^A 1.38 ^c	^{BC} 1.88 ^a	^{BC} 1.38 ^a	^B 0.5 ^b
3	^A 4.25 ^a	^A 2.63 ^b	^A 1.63 ^c	^{AB} 2.38 ^a	^{AB} 1.13 ^b	^B 0.38 ^c
4	^A 4.13 ^a	^A 2.88 ^b	^A 2.13 ^b	^A 3.00 ^a	^A 1.88 ^b	^A 1.13 ^b

Abbreviations: NP = cooked-ground pork without paprika, FP = cooked-ground pork treated with fresh paprika 3%, FDP = cooked-ground pork treated with freeze-dried paprika 5%

^{a-c}Means with the same letter in each row among samples are not significantly different ($p < 0.05$).

^{A-C}Means with the same letter in each column among samples are not significantly different ($p < 0.05$).

보면(Table 3) 합기포장군에서 파프리카 무첨가 시료는 저장초기에 다른 시료군에 비해 높은 값을 나타내어 저장 2개월 이후 이미 수용할 수 없을 정도의 WOF 점수를 보였다. 그러나 FP와 FDP 첨가 합기포장군은 저장 4개월까지도 WOF는 수용가능한 정도로 나타났다. 진공포장한 파프리카 무첨가군과 파프리카 첨가군은 합기포장보다 WOF 감지를 1~2개월 정도 지연시킬 수 있었으며, 그 중 FDP를 첨가하여 진공포장한 경우 저장 3개월까지도 신선육과 큰 차이를 보이지 않았다.

저장중의 분쇄조리돈육에서 발생하는 WOF와 TBA 값과의 상관성을 알아본 결과는 Table 4와 같다. 진공포장하여 -26°C에서 저장한 시료들의 TBA 값과 WOF가 가장 높은 상관성($r = 0.88, p < 0.05$)을 보였으며, 진공포장하여 4°C에서 저장한 시료들은 $r = 0.60 (p < 0.05)$ 으로 비교적 낮은 상관성을 보였고, 합기포장하여 -26°C, 4°C에서 각각 저장한 시료들은 $r = 0.75, r = 0.70 (p < 0.05)$ 으로 각각 나타나 WOF 발생시기와 TBA 값 간에는 양의 상관성이 있음을 확인할 수 있었다. Nancy L 등(1989)은 가열돈육을 합기, 진공, CO₂ 또는 N₂로 가스치환포장 후 4°C와 -20°C에 저장하면서 얻은 WOF와 TBA 값 간의 상관성은 알아본 결과 4°C에서는 0.88, -20°C에서는 0.90이었으며, Mann TF 등(1989)은 가열처리된 쇠고기를 냉장(1.7°C)에서 21일 저장 시 WOF와 TBA 값 간의 상관성을 0.96으로 보고하였다.

이상의 결과에서 냉장, 냉동 저장동안 FDP 첨가 분쇄 조리 돈육은 합기포장과 진공포장 모두에서 지방산화가 크게 억제되었다. 한편 FP 첨가시료군은 진공포장 냉동 저장 조건에서 지방산화 억제 효과가 현저히 나타나 과산화물가, TBA 값 및 지방산 조성 변화에 있어서 FDP 첨가 시료군과 별 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 WOF 생성을 지연시켜 분쇄 조리돈육의 산패로 인한 품질저하를 억제할 수 있는 항산화제로 파프리카가 사용될 수 있음을 시사하고 있다. 수분함량이 높은 생 파프리카는 돈육 무게의 3% 이상 첨가 시 육의 붉은색이 증가하여 외관적인 기호성은 좋아지나 다량의 수분에 의한 분쇄 돈육의 결합력 감소로 조리 시 성형의 어려움이 따른다. 분말상태의 파프리카 분말은 5% 이상 첨가 시 육에 비해 분말의 양이 상대적으로 너무 많아 서로 뭉침 현상이 나타나게 된다. 따라서 생 파프리카는 돈육 무게의 3%, 파프리카 분말은 5% 범위 내에

Table 4. Correlation coefficients between TBA and warmed-off flavor (WOF) of cooked-ground pork packaged with atmosphere and vacuum stored at 4°C and -26°C

	4°C		-26°C	
	Atmosphere	Vacuum	Atmosphere	Vacuum
Warmed-off flavor	0.70*	0.60	0.75*	0.88*

Significantly different at $p < 0.05$

서 첨가하는 것이 바람직한 것으로 보인다. 또한 포장방법과 저장온도와 같은 저장조건에 따라 파프리카의 항산화력은 영향을 받는 것으로 보이므로 육제품 저장 조건에서 지방산화를 촉진시키는 주요 인자들이 차단된다면 항산화제로 사용가능한 파프리카 첨가량 또한 낮출 수 있을 것으로 사료된다.

IV. 요약

카로티노이드의 우수급원인 파프리카를 생 파프리카(Fresh paprika; FP)와 동결건조파프리카(Freeze-dried paprika; FDP) 분말의 형태로 조리돈육패티(30% 돈지 함유)에 첨가하여 가열조리 후 저장기간 동안 포장방법(합기포장, 진공포장)과 저장온도(4°C, -26°C)에 따라 파프리카의 지방산화 및 WOF 생성 억제효과를 비교해 보고자 하였다. FDP 5% 첨가 분쇄 조리 돈육은 합기포장과 진공포장 모두에서 냉장, 냉동 저장 중 POV와 TBA 값의 변화가 거의 없었으며, 냉동저장하는 동안 불포화지방산 파괴정도도 낮아 분쇄조리돈육 지방산화에 대해 매우 우수한 항산화제로 작용하였다. 반면에 FP 3% 첨가 분쇄 조리 돈육은 저장기간 동안 과산화물이 다량 생성되어 항산화작용이 거의 나타나지 않았다. 포장재가 분쇄조리돈육의 지방 산화 억제에 미치는 효과는 진공포장이 합기포장보다 우수한 것으로 나타났다. 따라서 지방산화 억제력은 냉장저장에서는 포장방법에 관계없이 FP보다는 FDP가 효과적이었으며, 냉동 진공포장 저장에서는 FP와 FDP가 거의 유사한 효과를 나타내었다. 동결건조 파프리카 분말 5% 첨가하여 제조한 분쇄조리돈육을 진공포장 후 냉장에서는 7일, 냉동에서는 3개월까지 WOF 발생을 지연시킬 수 있었으며, 진공포장하여 -26°C에서 저장한 시료들에서 TBA 값과 WOF간에 가장 높은 양의 상관성($r = 0.88, p < 0.05$)을 나타내었다. 조리 돈육의 지질산화 안정성은 진공포장의 동결건조 파프리카 분말 첨가

군이 가장 우수하였으므로 1차 가공 처리된 동결건조 파프리카 분말은 우수한 항산화제로서 다양한 식품에 활용이 가능할 것으로 보인다.

감사의 글

본 논문은 2004년도 학술진흥재단의 지방대학육성지원(KRF-2004-002-F00065)에 의하여 수행된 연구 내용의 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Amundson CM, Sebranek JG, Kraft AA, Rust RE, Wagner MK, Gehrke WH. 1982. Effect of packaging film and vacuum level on regular and sorbate-cured bacon. *J Food Sci* 47(2): 355-358
- AOCS. 1960. Official methods and recommended practices of the AOCS. 4th ed. Method Cd 8-53. American Oil Chemists' Society, Champaign, IL.
- Bhattacharya M, Hanna MA, Mandigo RW. 1988. Lipid oxidation in ground beef patties as affected by time-temperature and product packaging parameters. *J Food Sci* 53(3): 714-717
- Chae SK. 1996. Food Chemistry. 3th ed. Hyoil Press. Seoul. pp 150-153
- Deli J, Molnar P, Matus Z, Toth G. 2001. Carotenoid composition in the fruits of red paprika (*Capsicum annuum* var. *lycopersiciforme rubrum*) during ripening: biosynthesis of carotenoids in red paprika. *J Agric Food Chem* 49(3): 1517-1523
- Diplock TA, Charleux JL, Crozier-Willi G, Kok FJ, Rice-Evans C, Roberfroid M, Stahl W, Vina-Ribes J. 1998. Functional food science and defence against reactive oxidative species. *British J Nutr* 80(1): 77-112
- Etoh H, Utsunomiya Y, Komori A, Murakami Y, Oshima S, Inakuma T. 2000. Carotenoids in human blood plasma after ingesting paprika juice. *Biosci Biotechnol Biochem* 64(5): 1096-1098
- Gallina Toschi T, Bendini A, Ricci A, Lercker G. 2003. Pressurized solvent extraction of total lipids in poultry meat. *Food Chem* 83(4): 551-555
- Gardener HW. 1979. Lipid hydroperoxides reactivity with protein and amino acids: A review. *J Agric Food Chem* 27(2): 220-228
- Gerster H. 1991. Potential role of β -carotene in the prevention of cardiovascular disease. *Internat J Vit Nutr Res* 61(3): 277-291
- Gey KF, Puska P. 1989. Plasma vitamin E and A inversely correlated to mortality from ischemic heart disease in cross culture epidemiology. *Ann NY Acad Sci* 570(3): 268-282
- Gordon HT, Bauernfeind JC, Roche HL, Nutley NJ. 1991. Carotenoids as food colorants. *CRC Crit Rev Food Sci Nutr* 18(1): 59-98
- Jeong CH, Ko WH, Cho JR, Ahn CG, Shim KH. 2006. Chemical components of Korean paprika according to cultivars. *Kor J Food Preserv* 13(1): 43-49
- Jo C, Son JH, Son CB, Byun MW. 2003. Functional properties of raw and cooked pork patties with added irradiated, freeze-dried green tea leaf extract powder during storage at 4°C. *Meat Sci* 64(1): 13-17
- Lim SD, Kim SM, Park WM, Kim YS, Kang TS. 1990. A study on the establishment of shelf-life of imported beef according to packaging method. *Korean J Anim Sci* 36(3): 330-339
- Mann TF, Reagan JO, Lillard DA, Campion DR, Lyon CE, Millwe MF. 1989. Effects of phosphate in combination with nitrite or Maillard reaction products upon warmed-over flavor in precooked, restructured beef chuck roasts. *J Food Sci* 54(6): 1431-1433, 1437
- Markus F, Daood HG, Kapitany J, Biacs PA. 1999. Change in the carotenoid and antioxidant content of spice red pepper (paprika) as a function of ripening and some technological factors. *J Agric Food Chem* 47(1): 100-107
- Matsufuji H, Nakamura H, Chino M, Takeda M. 1998. Antioxidant activity of capsanthin and the fatty acid esters in paprika (*Capsicum annuum*). *J Agric Food Chem* 46(9): 3468-3472
- Mayne ST. 1996. Beta-carotene, carotenoids, and disease prevention in humans. *FASEB* 10(5): 690-701
- Nancy L, Nolan NL, Bowers JA, Kropf DH. 1989. Lipid oxidation and sensory analysis of cooked pork and turkey stored under modified atmospheres. *J Food Sci* 54(4):846-849
- Katsanidis DC, Meyer DC, Addis PB, Yancey EJ, Dikeman ME, Tsiamyrtzis P, Pullen M. 2003. Vascular infusion as a means to improve the antioxidant-prooxidant balance of beef. *J Food Sci* 68(4): 1149-1154
- Kim CH, Jeong JY, Lee ES, Song HH. 2002. Studies on the improvement of quality and shelf-life of traditional marinated beef(Galbi) as affected by packaging method during storage at -1°C. *Korean J Food Sci Technol* 34(5): 792-798
- Klieber A, Bagnato A. 1999. Colour stability of paprika and chilli powder. *Food Australia* 51(12): 592-596
- Koo YB. 1989. Effects of cooking and packaging method on physicochemical and rheological properties of hamburger patties during frozen storage periods. MS thesis. Konkuk Univ. pp 45-70
- Oshima S, Sakamoto H, Ishiguro Y, Terao J. 1997. Accumulation and clearance of capsanthin in blood plasma after the ingestion of paprika juice in men. *J*

- Nutr 127(8): 1475-1479
- Park GB, Seong PN, Song DJ, Kim JS, Park TS, Lee JI, Kim JH. 1998. Effect of α -, β -, δ -tocopherol on fatty acids composition of hamburger patties during frozen storage. Korean J Food Sci Ani Resour 18(1): 1-8
- Park JH, Kim CS. 2007a. The stability of color and antioxidant compounds in paprika (*Capsicum annuum* L.) powder during the drying and storing process. Food Sci Biotechnol 16(2): 187-192
- Park JH, Kim CS. 2007b. Effect of paprika (*Capsicum annuum* L.) on inhibition of lipid oxidation in lard-pork model system during storage at 4°C. Food Sci Biotechnol *In press*
- Park JH, Kim CS, Noh SK. 2005. The effect of fresh paprika and paprika powder dried by far-infrared ray on inhibition of lipid oxidation in lard model system. Korean J Food Cookery Sci 21(4): 475-481
- Raharjo S, Sofos JN. 1993. Methodology for measuring malonaldehyde as a product of lipid peroxidation in muscle tissue: A review. Meat Sci 35(2): 145-169
- Sato I, Hegarty GR. 1971. Warmed-over flavor in cooked meats. J Food Sci 36(6): 1098-1102
- Schultz HW, Day EA, Sinnhuber RO. 1962. In Symposium on Foods: Lipids and their oxidation. In: Metal catalysis. Ingold KV (ed). AVI. Westport, CT. pp 93
- Smith JS, Alfawaz M. 1995. Antioxidative activity of Maillard reaction products in cooked ground beef, sensory and TBA values. J Food Sci 60(2): 234-236, 240
- Tarladgis BG, Watts BM, Younathan MT, Dugan L. 1960. A distillation method for the quantitative determination malonaldehyde in rancid foods. J American Oil Chem Soc 37(1): 44-48
- Tims MJ, Watts BM. 1958. Protection of cooked meats with phosphates. Food Technol 12(3): 240-243
- Yagi K. 1999. Lipid peroxides and human disease. Chem Phys Lipids 45(4): 337-351

(2007년 7월 4일 접수, 2007년 9월 7일 채택)