

레드비트 추출물의 항산화 활성 및 레드비트를 첨가한 돈육패티의 냉장저장 중 이화학적 성상 및 미생물의 변화

이준호 · 진구복*

전남대학교 동물자원학부 및 기능성 식품 연구센터

Evaluation of Antioxidant Activities of Red Beet Extracts, and Physicochemical and Microbial Changes of Ground Pork Patties Containing Red Beet Extracts during Refrigerated Storage

Jun Ho Lee and Koo Bok Chin*

Department of Animal Science and Functional Foods Research Institute, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea

Abstract

This study was performed in order to evaluate the antioxidant activities of red beet extracts as well as the physicochemical properties and microbial changes of pork patties containing red beet during refrigerated storage. Red beet was extracted with water and ethanol. Red beet water extracts (RBW) and red beet ethanol extracts (RBE) were diluted with various concentrations (0.05~1.0%). DPPH radical scavenging activity and iron chelation activity of RBW showed a higher level than those of RBE ($p<0.05$). In particular, the iron chelation activity of RBW was over 53.4% at all levels. In addition, RBW at 1% had nearly 100% activity. On the other hand, the reducing powers of RBE were higher than those of RBW ($p<0.05$), and the antioxidant activity on linoleic acid emulsion of RBW was over 83% at all levels. Based on these model studies, 0.5% levels of RBW and RBE were added to ground pork patties (GPP), and the physicochemical properties and microbial changes of red beet GPP were evaluated during storage (0~14 d) at 4°C. The pH and microbial counts increased with increased storage time ($p<0.05$). Pork patties with BHT showed the lowest thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and microbial counts, and those with red beet had lower TBARS than the control ($p<0.05$). These results indicated that both red beet water and ethanol extracts could be used as natural antioxidants of pork patties during storage.

Key words: antioxidant activity, red beet, water and ethanol extracts, ground pork patties

서 론

지방 산화는 육제품에 있어서 품질 저하의 주원인으로 불포화 지방의 수치 증가, 산소, 열, 자외선, 금속이온, 그리고 산화 효소와 같은 원인에 의해 발생한다고 보고되고 있다(Morrissey *et al.*, 1998). 지질 산화는 육제품에서 비타민, 필수아미노산, 색도, 조직의 변화를 가져와서 영양성을 감소시키기 때문에 육제품에 있어서 지방의 산화를 방지 또는 최소화하기 위하여 식품의 산화를 방지하는데 쓰이는 butylated hydroxy toluene(BHT), butylated hydroxy anisole(BHA), propyl gallate(PG) 등의 합성 항산화제가 널

리 사용 되어왔다. 그러나 이러한 합성 항산화제들에 섭취로 인한 독성물질 생성이 우려되어 기피되고 있어 천연 추출물이 지방 산화를 최소화하고 방지할 수 있는 지에 대한 관심이 증가하고 있다(Kathirvel *et al.*, 2009). 더불어 최근 안전성에 대한 소비자의 욕구 또한 증가함에 따라 육가공업계에서도 효과적인 천연항산화제를 요구하고 있어서 천연항산화제에 대한 연구가 계속 진행되고 있다(Biswas *et al.*, 2012).

레드비트(Redbeet)는 betalains, flavonoids, polyphenols, vitamins, folic acid 등 항산화 작용을 하는 기능성 물질의 좋은 공급원이다(Vinson *et al.*, 1998). 특히 레드비트 뿌리의 색소 물질인 베타레인은 red violet 색소물질인 베타시아닌과 yellow 색소물질인 베타잔틴으로 구성되는데 이런 화합물들은 베타레인을 함유하는 여러 천연물질들 중에서 레드비트에 함유하고 있고(Schwartz *et al.*, 1980), 또

*Corresponding author: Koo Bok Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju 500-600, Korea. Tel: 82-62-530-2121, Fax: 82-62-530-2129, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

한 베타레인의 주 물질인 베타닌은 우수한 전자공여능력을 갖는 phenolic group과 cyclic amine group으로 구성되어 있다(Kanner *et al.*, 1996). 이렇듯 레드비트의 천연 항산화제로서의 가능성은 기존의 연구들에 의해 충분히 입증되었지만, 육제품에 실제 적용한 연구나 자료는 아직 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 물과 에탄올로 추출한 레드비트의 항산화 활성을 모델연구를 통하여 측정하고, 이를 돈육 패티에 적용하여 기능성 육제품의 제조 가능성을 타진하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

공시재료 및 항산화 물질 추출

실험에 사용한 레드비트는 광주지역의 대형마트에서 구입하였고 원산지는 제주도이었다. 구입한 레드비트를 흐르는 물에 씻고 껍질을 벗겨 얇게 자른 후 60°C 오븐에서 열풍 건조시켰다. 무게의 변화가 없을 때까지 건조시키고 믹서로 분말화시킨 후 물(증류수)과 에탄올로 각각 추출하였다. 물 추출물은 레드비트 분말 20 g을 증류수 200 mL와 균질기를 이용하여 10,000 rpm에서 5분간 균질하여 하루 동안 stirring시킨 후, 멸균 가아제를 이용하여 여과하였다. 여과되지 않은 잔사를 증류수 200 mL를 이용해 재 추출 하였고 이를 3번 반복하였으며 추출한 후 -70°C에서 동결 건조하여 냉동 보관하였다. 에탄올 추출물도 또한 레드비트 분말 20 g을 에탄올 200 mL와 균질기를 이용하여 10,000 rpm에서 5분간 균질하여 하루 동안 stirring시킨 후, Whatman #1 여과지를 이용하여 여과하였고, 여과 되지 않은 잔사를 에탄올 200 mL를 이용해 재 추출하였고 이를 3번 반복하였다. 추출과정 중 사용된 에탄올을 제거시키기 위해 감압농축한 후 물 추출물과 마찬가지로 -70°C에서 동결 건조하였다(Park *et al.*, 2012).

총 페놀성 화합물(Total phenolic compounds)

Lin과 Tang(2007)의 방법에 따라 레드비트의 총 페놀성 화합물 함량을 측정하였다. 시료를 증류수로 희석한 후 0.1 mL와 증류수 2.8 mL, 2%-Na₂CO₃ 2 mL와 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.1 mL를 첨가하여 상온에서 30분 동안 방치 후 분광광도계로 750 nm에서 흡광도를 측정하였다. gallic acid를 이용하여 표준곡선을 작성하여 방정식과 상관관계수 R²(=0.9999)값을 구하였다.

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)-radical scavenging activity

레드비트의 DPPH 에 대한 전자공여능은 Huang 등(2006)의 방법에 따라 측정하였다. 에탄올 추출물과 물 추출물은 농도별(0-1.0%)로 증류수로 희석하였고, 각각의 희석된 sample 4 mL와 DPPH(0.2 mM in methanol) 용액

1 mL를 혼합 후 30분 동안 실온(암실)에서 보관한 후 분광광도계로 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 참조구로는 ascorbic acid를 시료와 같은 조건으로 측정하였고 DPPH 에 대한 전자공여능은 다음과 같이 산출하였다.

$$\text{DPPH-radical scavenging activity (\%)} = [(Y - X)/Y] \times 100$$

X: 시료 첨가시의 흡광도

Y: 시료 무 첨가시의 흡광도

철이온 흡착력(iron chelation ability)

Le 등(2007)의 방법에 따라 레드비트의 철이온 흡착력이 측정되었다. 농도별(0, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0%)로 증류수에 희석된 시료 500 µL, FeCl₂(0.6 mM) 100 µL, methanol 900 µL 혼합물을 test tube에 넣고 5분 동안 상온에서 반응시킨 후, 100 µL ferrozine(5 mM in methanol)을 혼합물에 첨가한 후 vortex 해주고 10분 동안 상온에서 반응시킨 후 분광광도계로 562 nm에서 흡광도를 측정하였다. Na₂ · Ethylene diamine tetraacetic acid · 2H₂O(EDTA)를 참조구로 이용하였고 아래의 식에 의해 철이온 흡착력을 산출하였다.

$$\text{Iron chelation ability (\%)} = (1 - X/Y) \times 100$$

X: 시료 첨가시의 흡광도

Y: 시료 무 첨가시의 흡광도

환원력(Reducing power)

Huang 등(2006)의 방법에 따라 레드비트의 환원력을 측정하였다. 농도별(0-1%)로 증류수에 희석된 시료 2.5 mL와 200 mM sodium phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL, potassium ferricyanide(10 mg/mL) 2.5 mL를 첨가하여 혼합한 후 50°C에서 20분간 배양하였다. 배양 후 trichloroacetic acid(100 mg/mL)를 2.5 mL 첨가하여 200×g에서 10분간 원심분리 후 상층부 5 mL와 증류수 5 mL, ferric chloride(1 mg/mL) 1 mL를 혼합한 후 분광광도계로 700 nm에서 흡광도를 측정하였으며 Ascorbic acid를 참조구(Reference)로 사용하였다.

Linoleic acid 과산화 억제능

Yen과 Hsieh(1998)의 방법에 따라 레드비트의 linoleic acid emulsion에서 과산화 억제 효과를 측정하였다. Linoleic acid 유화물은 0.4673 g의 linoleic acid와 0.2804 g의 tween 20을 넣고 50 mL phosphate buffer와의 혼합물을 10,000 rpm에서 3분간 균질시켜 유화물을 만들었고 이 유화물과 희석된 레드비트 추출물 0.5 mL을 섞어 그 반응물을 37°C에서 배양시켰다. 미리 정해진 시간마다 배양물을 1 mL를 취해 에탄올(4.7 mL, 75%)과 ammonium thiocyanate(0.1 mL, 30%)에 ferrous chloride(0.1 mL, 0.02 M in 3.5% HCl)

를 첨가하여 3분 동안 반응시킨 후 500 nm에서 흡광도를 측정하여 linoleic acid 과산화억제능을 평가하였다.

분쇄돈육제조

지방과 결체조직을 제거한 후 돈육 후지 부위를 만육기 (Meat chopper, M-12s, 한국후지공업주식회사, 한국)를 이용하여 균질하였고, 균질된 시료를 혼합기(EF20, Crypto peerless Ltd, England)를 이용하여 첨가물을 혼합한 후 만육기로 재균질화 시킨 후 약 70-80 g 시료를 petri-dish를 사용하여 패티모형으로 정형하였다(Park *et al.*, 2012). 이때 식염 이외에는 아무것도 첨가하지 않은 대조구(CTL)와 합성첨가물인 BHT를 0.01% 첨가하여 제조한 참조구(REF), 그리고 물과 에탄올로 추출한 레드비트 추출물을 각각 0.5%를 첨가한 처리구(TRT1, TRT2)로 구분하였다. 제조된 패티는 폴리스티렌 용기에 담아 4°C에서 냉장 저장하였고, 저장 중 0, 3, 7, 10, 14일에 이화학적 검사 및 미생물 검사 및 지방산패도(TBARS)를 측정하였다.

돈육패티의 이화학적 특성 및 품질평가

육색도 측정

Minolta Color Reader(CR-10, Minolta Co., Japan)을 이용하여 분쇄육 표면의 명도(Hunter L*, lightness), 적색도(Hunter a*, redness), 황색도(Hunter b*, yellowness)를 표준 흰색평판의 값인 $L^*=93.1$ $a^*=1.28$ $b^*=0.36$ 으로 calibration plate를 사용하여 5회 반복 측정하여 평균값으로 나타내었다.

pH 측정

pH는 패티 시료 10 g과 증류수 90 mL를 믹서기로 균질화한 후, pH-meter(Model 340, Mettler-Toledo, Switzerland)를 이용하여 5회 측정한 후 평균값을 구하였다.

Thiobarbituric acid reactive substance(TBARS)

돈육 패티의 지방산패도측정을 위한 TBARS 값은 Shinnhuber와 Yu(1977)의 방법을 이용하여 TBA시약과 반응하여 붉은색을 띄는 malondialdehyde의 생성량을 측정하였다. 균질화된 시료 2 g과 실험 중 sample의 산화를 방지하기 위한 항산화용액(BHT+BHA+glycerol+tween 20) 약 0.05 mL, 0.005 M thiobarbituric acid 3 mL와 trichloroacetic acid(100 mg/mL) 17 mL를 넣고 충분히 균질한 뒤 30분 동안 가열하였다. 가열 후 실온에서 냉각시킨 sample의 상층액 5 mL와 chloroform 5 mL를 혼합하여 2,500 rpm에서 10분간 원심분리한 후, 상층액을 3 mL 취해 petroleum ether 3 mL와 혼합하여 2,500 rpm에서 다시 한 번 5분간 원심분리하였다. 원심분리 후 반응물을 532 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 과 같이 TBARS 값을 산출하였다.

$$\text{TBARS value (mg of malondialdehyde/kg of sample)} \\ = (\text{O.D.} \times 9.48) / \text{sample weight (g)}$$

미생물 검사

균질화된 패티시료 10 g과 멸균 증류수 90 mL를 균질하여 희석배율로 희석하였다. 총균수(TPC)는 plate count agar, 대장균군수(VRB)는 violet red bile agar에 각각 0.1 mL 접종하여 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 균락수를 측정하여 Log CFU/g으로 나타내었다.

통계분석

항산화 모델연구와 분쇄돈육의 제조는 각각 2회 반복하였으며, SPSS software program(SPSS, 2008)을 이용하여 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)에 의해 통계처리가 수행되었고, 사후분석은 $\alpha=0.05$ 유의 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

실험 1. 레드비트의 추출용매에 따른 항산화 활성

총 페놀성 화합물 함량 및 고형분 함량

페놀성 화합물의 함량은 그 물질들이 가지고 있는 페놀릭 그룹의 수와 각 물질과 시약의 반응에 의해 결정된다고 보고하고 있다(Singleton *et al.*, 1999). 또한 페놀성 화합물은 수소원자를 자유라디칼에 제공하여 자유라디칼과 산소와의 반응을 억제시켜 자유라디칼을 안정화시켜 산화를 억제한다고 보고하였다(Tomas *et al.*, 2000). 한편 레드비트의 베타레인은 주로 베타닌으로 구성되는데, 이 베타닌은 phenolic group과, cyclic amine group으로 구성되어 있다고 보고되었다(Kanner *et al.*, 1996). 레드비트 에탄올 추출물과 물 추출물의 페놀성 화합물의 함량은 Table 1에 나타난 바와 같이 두 추출물간 유의적 차이를 보이지 않았으며, 고형분 함량에서는 Table 1과 같이 물 추출물이 38.8%로 에탄올 추출물의 10.8%에 비해 유의적으로 더 높은 수치를 나타냈다($p<0.05$).

DPPH(1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)라디칼 소거능(radical scavenging activity)

이전의 Yizhou(2003)의 연구에 의하면 레드비트 파우더에서 추출한 베타닌, 베타시아닌, 또한 천일홍에서 추출한 베타시아닌이 DPPH radical scavenging activity에 있어 Rutin이나 Catechin보다 더 좋은 억제능을 보였다고 보고하였는데, 본 실험 결과도 또한, 두 처리구간 양호한 활성을 보였다. 실험 결과는 Table 2에 나타난 바와 같이 0.05, 0.25 그리고 0.5% 농도에서는 두 처리구간 유의적인 차이를 보였고($p<0.05$), 나머지 농도에서는 유의적 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 참조구(References)인 ascorbic acid는

Table 1. The contents of total phenolic compound and soluble matter content of redbeet

Parameters	Extraction method	
	Ethanol	Water
The contents of total phenolic compound (g/100 g of dry weight)	1.55±0.45 ^{a1)}	1.23±0.05 ^a
Soluble matter content (%)	10.8±1.81 ^b	38.3±2.90 ^a

^{a,b}Means with different superscripts within same row are different ($p<0.05$).

¹⁾Means±SD

모든 농도에서 94.7% 이상의 라디칼 소거 활성을 보인 반면, 두 처리구 모두 비교적 낮은 활성을 보였지만 RBW는 모든 농도에서 44% 이상의 활성을 보였고 0.25% 이상의 농도구들에서는 농도구간 유의적 차이를 보이지 않았지만 53% 이상의 활성을 보였다. 반면 RBE에서는 가장 높은 농도구인 1%에서 43%로 가장 높았고 나머지 농도에서는 40% 이하의 활성을 보였고 농도별 유의적 차이는 없었다($p>0.05$).

철이온 흡착력(iron chelation ability)

레드비트의 철이온 흡착력 측정결과는 Table 2에 나타내었고 참조구로는 ethylene diamine tetraacetic acid (EDTA)를 사용하였다. 이전의 Khokhar와 Apenten(2003)

등의 연구에 의하면 페놀성 화합물이 철이온 흡착력을 보인다고 보고하였는데, 실험결과 참조구인 EDTA는 모든 농도(0-1.0%)에서 99% 이상의 활성을 보였고, 레드비트 에탄올 추출물은 1%에서 가장 높은 17%의 활성을 보였지만 참조구와 비교하면 매우 낮은 수치이다. 반면 레드비트 물 추출물에서는 가장 낮은 농도구인 0.05%에서 53% 이상의 효과를 나타냈으며 특히 0.25% 이상의 농도구에서 모두 92% 이상의 활성을 보였고 가장 높은 농도인 1.0%에서는 100% 이상의 활성을 보여, 참조구인 EDTA와 유의적인 차이는 보이지 않았다($p>0.05$). 이런 결과로 볼 때, 레드비트 물 추출물에 포함된 항산화 물질이 에탄올 추출물에 포함된 것보다 철이온을 흡착하는 능력이 더 우수하다고 사료된다.

Table 2. Antioxidant activities of redbeet with different extraction solutions

Parameters	Extract		Concentrations (%)					
			0	0.05	0.10	0.25	0.50	1.00
DPPH radical scavenging activity	REF ¹	Mean	0 ^d	96.1 ^{aX}	95.8 ^{bY}	95.5 ^{bX}	95.5 ^{bX}	94.7 ^{cY}
		SD ³⁾	0	0.09	0.15	0.04	0.06	0.19
	RBE ¹⁾	Mean	0 ^c	26.6 ^{bZ}	32.5 ^{abZ}	35.8 ^{abZ}	35.1 ^{abZ}	43.2 ^{aZ}
		SD	0	5.58	6.47	7.18	7.04	8.04
	RBW ²⁾	Mean	0 ^c	44.2 ^{bY}	44.9 ^{bZ}	58.2 ^{aY}	53.3 ^{aY}	58.2 ^{aZ}
		SD	0	4.64	3.54	1.82	2.75	4.31
Iron chelation ability	REF ²	Mean	0 ^e	100.0 ^{aX}	99.9 ^{abX}	99.7 ^{cdX}	99.6 ^{dY}	99.8 ^{bcY}
		SD	0	0.04	0.04	0.10	0.10	0.06
	RBE	Mean	0 ^d	0.42 ^{dZ}	0.18 ^{dZ}	1.89 ^{cZ}	5.60 ^{bZ}	17.0 ^{aZ}
		SD	0	0.20	0.08	0.36	0.47	1.31
	RBW	Mean	0 ^e	53.4 ^{dY}	87.0 ^{cY}	92.3 ^{bcY}	96.8 ^{aY}	100.0 ^{aY}
		SD	0	3.49	6.11	2.52	2.45	1.29
Reducing Power	REF ¹	Mean	0 ^c	2.31 ^{bX}	2.35 ^{bX}	2.43 ^{aX}	2.47 ^{aX}	2.44 ^{aX}
		SD	0	0.03	0.03	0.03	0.00	0.03
	RBE	Mean	0 ^f	0.27 ^{eY}	0.41 ^{dY}	0.81 ^{cY}	1.41 ^{bY}	2.33 ^{aY}
		SD	0	0.01	0.02	0.06	0.07	0.04
	RBW	Mean	0	0.11 ^Z	0.12 ^Z	0.13 ^Z	0.12 ^Z	0.09 ^Z
		SD	0	0.05	0.07	0.07	0.08	0.02

^{a-f}Means with different superscripts within same row are different ($p<0.05$).

^{x-z}Means with different superscripts within same column are different ($p<0.05$).

REF¹=Ascorbic acid

REF²=Ethylendiaminetetraacetic acid (EDTA)

¹⁾RBE=redbeet ethanol extract

²⁾RBW=redbeet water extract

³⁾SD=standard deviation

환원력(Reducing power)

Kanner 등(2001)의 연구에 의하면 레드비트의 베타닌이, 전자를 공여하여 Fe³⁺이온을 Fe²⁺으로 환원시킴으로써 우수한 항산화 능력을 보인다고 보고하였는데 본 실험에서는 레드비트 에탄올 추출물(RBE)이 높은 활성을 보였다. 참조구로는 ascorbic acid를 사용하였는데 전 농도에서 2.4 이상의 효과를 나타낸 반면, RBE는 0.25% 수준에서부터 농도가 높아짐에 따라 0.81, 1.41, 2.33의 활성을 보였으며 ($p < 0.05$), 특히 1%에서 2.33의 높은 활성을 보였다. 반면에 RBW는 전 농도에서 0.13 이하의 낮은 환원력을 보였다 ($p > 0.05$)(Table 2). Park과 Chin(2010)은 양파를 메탄올로 추출하여 환원력을 측정하였을 때 물 추출물보다 더 높은 환원력을 가졌다고 보고하여, 환원력은 추출한 용매에 따라서 달라질 수 있음을 시사하였다.

Linoleic acid 과산화 억제능

본 실험에서 linoleic acid 과산화 억제능 측정은 Thiocyanate 방법(Yen and Hsieh, 1998)에 따라 수행되었으며, 그 결과를 Table 3에 나타내었다. 통계처리 결과, 처리구와 농도 간 상호작용의 유의차가 나타나지 않아($p > 0.05$) 각 요인의 결과를 합쳐서 제시하였다. 이전 연구에 의하면 레드비트의 베타닌, 베타니딘과 베타잔틴이 과산화 억제에 좋은 활성을 보인다고 보고하였는데(Kanner *et al.*, 2001), 본 연구의 결과 또한 RBW, RBE 모두 참조구인 BHT와 유의적인 차이를 보이지 않아($p > 0.05$), 높은 linoleic acid 과산화 억제능을 보였으며, 이는 기존의 연구와 유사한 결과였다. linoleic acid emulsion을 이용한 과산화물 측정 시 추출용매에 따라서 그리고 배양기간에 따른 linoleic acid 과산화 억제능은 유의적인 차이를 보이지 않았다 ($p > 0.05$).

실험 2. 돈육 Patty에 첨가 된 레드비트의 이화학적 특성 및 항산화 효과

pH 및 육색 측정

레드비트를 첨가한 돈육 패티의 pH결과는 Table 4에 나타냈다. CTL(대조구), REF(BHT 0.01%), TRT 1(Redbeet water extracts, 0.5%), TRT 2(Redbeet ethanol extracts, 0.5%) 각 처리구별 유의적인 차이를 보이지 않았으나 ($p > 0.05$), 저장 기간에 따른 pH의 변화는 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 즉 저장기간이 경과함에 따라 pH가 점

Table 4. Effects of redbeet extracts on physicochemical properties and microbial growth of pork patty during refrigerated storage

	Parameters ¹⁾					
	pH	Hunter L	Hunter a	Hunter b	TPC	VRB
Treatment×day	NS	NS	NS	NS	NS	NS
Treatment	NS	NS	NS	NS	*	*
Day	**	NS	**	NS	**	**
Treatment ²⁾						
CTL	5.73	57.6	8.78	6.92	5.52 ^a	4.28 ^a
REF	5.65	58.3	10.1	7.34	3.90 ^b	3.56 ^b
TRT1	5.71	55.7	10.2	6.98	5.37 ^a	4.29 ^a
TRT2	5.66	58.8	9.53	7.56	5.40 ^a	4.47 ^a
Day						
0	5.50 ^c	58.3 ^a	14.0 ^a	8.10 ^a	3.52 ^c	2.41 ^c
3	5.55 ^{bc}	57.9 ^a	10.1 ^b	7.70 ^a	3.90 ^d	2.47 ^c
7	5.57 ^{bc}	56.2 ^a	9.00 ^{bc}	6.33 ^a	4.87 ^c	3.11 ^b
10	5.65 ^b	56.9 ^a	7.40 ^c	6.80 ^a	6.22 ^b	6.24 ^a
14	6.15 ^a	58.8 ^a	7.73 ^c	7.07 ^a	7.18 ^a	6.51 ^a

^{a-c}Means with different letter within same column are different ($p < 0.05$).

NS, not significant; * indicates $p < 0.05$; ** indicates $p < 0.001$.

¹⁾Parameters: Hunter L*, lightness; Hunter a*, redness; Hunter b*, yellowness.

²⁾Treatments: CTL, control patty; REF, reference patty with BHT 0.01%; TRT 1, treatment patty with redbeet water extract 0.5%; TRT 2, treatment patty with redbeet ethanol extract 0.5%

점 증가하는 경향을 보였으며 실험 종료 14일에 pH가 6.15로 유의적인 차이를 보이며 가장 높은 값을 나타내었다 ($p < 0.05$). 한편 Choi 등(1998)은 국내 냉장 돈육의 저장성을 평가한 실험에서 7일부터 14일째 냉장 돈육의 pH가 크게 증가한다고 하였는데 본 실험에서도 7일째부터 증가하기 시작하였고, 10일 이후에 pH가 급격히 증가하는 경향을 보였다. 육색도 역시 Table 4에 나타낸 바와 같이 백색도와 황색도는 처리구와 저장기간 모두 유의적인 차이가 없었고($p > 0.05$), 적색도에서만 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 적색도는 저장기간이 길어짐에 따라 3일째 유의적으로 낮아졌고($p < 0.05$), 그 후의 적색도는 저장기간이 지남에 따라 낮아지는 경향을 보였다($p > 0.05$). 이는 소시지에 betalain 계통의 천연물질인 손바닥 선인장 색소를 첨가하여 명도 값이 유의적으로 감소한다고 보고한 Kang과 Lee(2008)의 결과와는 대조적으로 적색도 값만 유의적으로 감소하였다.

Table 3. Antioxidant activity of extracts from redbeet as measured by thiocyanate method after incubation (Unit: %)

	Treatments ¹⁾							Time (h)					
	REF	RBW 0.05	RBW 0.025	RBW 0.01	RBE 0.05	RBE 0.025	RBE 0.01	18	38	54	64	86	94
Inhibition (%)	92.2	85.7	86.5	83.1	80.8	73.6	57.0	65.4	83.4	84.5	85.2	82.8	77.7
	±6.91	±10.3	±10.9	±6.98	±8.82	±10.8	±25.3	±14.5	±7.65	±6.98	±11.4	±20.2	±23.6

¹⁾Treatments: REF, reference; BHT 0.01%; RBE, redbeet ethanol extract; RBW, redbeet water extract

미생물 검사

레드비트를 첨가한 돈육 패티의 미생물 측정 결과는 Table 4에 나타내었다. 총균수와 대장균군수 모두 처리구별, 저장기간 따라 유의적인 차이를 보였다($p < 0.05$). 먼저 처리구별로는 TPC, VRB 모두 REF가 각각 3.90 Log CFU/g, 3.56 Log CFU/g로 유의적인 차이를 보이며 가장 낮은 값을 나타냈고($p < 0.05$), 나머지 처리구들 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 저장기간에 따른 균수의 변화는 총균수에서는 제조일에서 3.52 Log CFU/g로 가장 낮은 값을 나타냈고, 14일째에 7.18 Log CFU/g로 가장 높은 수치를 나타냈으며 저장 기간에 유의적인 차이를 보이며 균수가 증가하였다($p < 0.05$). 마찬가지로 대장균군수에서도 제조일에 2.41 Log CFU/g로 낮은 수치를 보였으며 14일에 6.51 Log CFU/g로 가장 높은 수치를 보였다. 하지만 저장 초기와 3일째 그리고 10과 14일째에는 대장균군의 유의적인 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 이는 국내산 돈육을 4°C에서 저장하였을 때 7일과 14일째 빠른 균수의 증가를 보였다는 Choi 등(1998)의 결과와 유사한 결과를 나타내었으며, 레드비트를 첨가한 생소시지의 호냉성균에 대한 억제활성이 대조구와 차이를 보이지 않았다고 보고한 Martinez 등(2006)의 결과와도 유사하였다. 따라서 본 실험결과는 레드비트 추출물의 첨가가 저장성에는 영향을 주지 않는다고 사료된다.

Thiobarbituric acid reactive substance(TBARS)

레드비트를 첨가한 돈육 패티의 TBARS 값은 처리구와 저장기간 두 요인 간의 상호작용이 있었으며($p < 0.05$), 따라서 이를 Table 5에 나타내었다. Table 5에서 볼 수 있듯이 대조구가 모든 저장기간 중 유의적인 차이를 보이며 가장 높은 값을 나타내었고($p < 0.05$), 강력한 합성 항산화제인 BHT(REF)와 RBW(TRT1), RBE(TRT2) 간에는 유의적인 차이를 보이지 않았다($p > 0.05$). 또한 RBW(TRT1)와 RBE(TRT2)는 저장기간에 따른 유의적 차이를 보이지 않았지만, BHT(REF)는 저장 14일째 유의적 차이를 보이며 수치가 증가하였다($p < 0.05$). 이전의 연구에 의하면 레드비

Table 5. TBARS of pork patties containing redbeet extracts during refrigerate storage

Treatments ¹⁾	Storage (d)				
	0	3	7	10	14
CTL	0.51 ^{cZ}	0.84 ^{bcZ}	1.22 ^{bcZ}	1.57 ^{bZ}	2.43 ^{aZ}
REF	0.22 ^{bY}	0.23 ^{bY}	0.21 ^{bY}	0.28 ^{bY}	0.47 ^{aY}
TRT1	0.31 ^Y	0.24 ^Y	0.33 ^Y	0.64 ^Y	0.73 ^Y
TRT2	0.25 ^Y	0.26 ^Y	0.16 ^Y	0.25 ^Y	0.41 ^Y

^{a-c}Means with different superscripts within same row are different ($p < 0.05$).

^{Y-Z}Means with different superscripts within same column are different ($p < 0.05$).

¹⁾Treatments: As shown in Table 4

트 뿌리에서 추출한 베타닌이 지방산화에 강력한 항산화 효과를 보이고 또한 이는 항산화제로 잘 알려진 catechin 보다 좋은 효과를 보인다고 보고하였다(Kanner *et al.*, 2001). 모델연구에서 보는 바와 같이(Table 2) 철이온 흡착력은 물 추출물이 그리고 환원력에서는 합성항산화제와 유사한 활성을 보였던 에탄올 추출물이 실질적으로 돈육패티에 적용하였을 때 냉장 저장 중 TBARS를 줄임으로써 지방산화에 기여한 것으로 판단된다. Park과 Chin(2010)은 양과를 가열한 것과 가열하지 않은 것 두가지로 나누어 물과 메탄올로 추출 후 항산화 활성을 측정한 결과 물 추출물은 철이온 흡착력이 그리고 메탄올 추출물은 환원력이 좋아서 두가지를 혼합하여 첨가할 경우 냉장저장 중 돈육 패티의 지방산화를 효율적으로 조절할 수 있었다고 보고하였다. 따라서 본 실험에서는 레드비트 추출물을 첨가한 TRT1과 TRT2 모두 BHT와 유사한 효과를 보임으로써($p > 0.05$), 이런 결과를 바탕으로 레드비트를 육제품에 첨가하면 인공 합성 항산화제와 유사한 수준으로 지방산화를 억제할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 인공합성 항산화제를 대신할 천연 추출물을 사용한 항산화제 개발을 목적으로 레드비트를 이용하였다. 먼저 항산화 활성을 알아보기 위하여 레드비트 에탄올 추출물(RBW)과 레드비트 물 추출물(RBW)을 각각(0.05-1.0%) 농도로 희석하여 항산화 활성을 평가하였다. 그 결과 DPPH 라디칼 소거능과 철이온 흡착력에서 레드비트 물 추출물(RBW)이 레드비트 에탄올 추출물(RBE) 보다 유의적 차이를 보이며 더 높은 활성을 보였다($p < 0.05$). 특히 철이온 흡착력에서 RBW는 0.1% 농도부터 87.0%의 높은 활성을 보였고, 1.0% 첨가에서는 100%의 활성을 보였다. 또한 DPPH 라디칼 소거능에서도 0.25%부터 60% 정도의 높은 활성을 보였다. 반면, 환원력에서는 RBE가 유의적으로 더 높은 활성을 보였다($p < 0.05$). Linoleic acid 과산화 억제능에서는 두 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았지만($p > 0.05$), RBW는 모든 농도에서 83% 이상의 활성을 보였고, RBE는 0.05%에서 80% 정도의 활성을 보였다. 이를 토대로 0.5%의 RBE와 RBW를 각각 돈육패티에 적용하였고, 참조구로는 BHT 0.01%를 이용하여 저장기간 동안(0-14일) 이화학적 특성 및 미생물 검사를 실시하였다. 그 결과 백색도와 황색도는 처리구별, 그리고 저장기간에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으며($p < 0.05$), pH와 적색도는 저장기간이 길어짐에 따라 유의적으로 더 높아졌다($p > 0.05$). 미생물에서는 총균과 대장균군 모두 참조구가 다른 처리구와 유의적으로 낮은 값을 보였고($p > 0.05$), 저장기간이 경과함에 따라 유의적인 차이를 보이며 증가하였다($p > 0.05$). 그리고 지방산화 억제 활성을 평가한 TBARS

에서는 냉장 저장 중 대조구(CTL)가 유의적으로 가장 높은 값을 보였고, 레드비트 처리구와 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 특별히 레드비트를 첨가한 TRT1과 TRT2는 저장기간 동안 REF와 유의적인 차이를 보이지 않아($p<0.05$) 우수한 지방산화 억제능력을 보였다.

감사의 글

본 연구는 2단계 BK 21 프로그램(전남대, 동물위해인자 제어를 위한 인력양성사업단)의 지원으로 수행되었으며 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Biswas, A. K., Chatli, M. K., and Sahoo, J. (2012) Antioxidant potential of curry (*Murraya Koenigii* L.) and mint (*Mentha spicata*) leaf extracts and their effect on colour and oxidative stability of raw ground pork meat during refrigeration storage. *Food Chem.* **133**, 467-472.
2. Choi, Y. I., Cho, H. G., and Kim, I. S. (1998) A study on the physicochemical and storage characteristics of domestic chilled porks. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **40**, 59-68.
3. Huang, S. J., Tsai, S. Y., and Mau, J. L. (2006) Antioxidant properties of methanolic extracts from *Agrocybe cylindracea*. *LWT-Food Sci. Technol.* **39**, 378-386.
4. Kang, J. O. and Lee, S. G. (2008) Effects of *opuntia ficus-indica* pigment and sodium lactate on nitrite-reduced sausage. *Kor. J. Anim. Sci. Technol.* **50**, 551-560.
5. Kanner, J., Harel, S., and Granit, R. (1996) Pharmaceutical compositions containing antioxidants betalains and a method for their preparation. Isr. patent 119872.
6. Kanner, J., Harel, S., and Granit, R. (2001) Betalains-a new class of dietary cationized antioxidants. *J. Agr. Food Chem.* **49**, 5178-5185.
7. Kathirvel, P., Gong, Y., and Richards, M. P. (2009) Identification of the compound in a potent cranberry juice extract that inhibits lipid oxidation in comminuted muscle. *Food Chem.* **115**, 924-932.
8. Khokhar, S. and Apenten, R. K. O. (2003) Iron binding characteristics of phenolic compounds: some tentative structure-activity relations. *Food Chem.* **81**, 133-140.
9. Le, K. Chiu, F., and Ng, K. (2007) Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. *Food Chem.* **105**, 353-363.
10. Lin, J. Y. and Tang, C. Y. (2007) Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. *Food Chem.* **101**, 140-147.
11. Martínez, L., Cilla, I., Beltrán, J. A., and Roncalés, P. (2006) Combined effect of modified atmosphere packaging and addition of rosemary (*Rosmarinus officinalis*), ascorbic acid, red beet root (*Beta vulgaris*), and sodium lactate and their mixtures on the stability of fresh pork sausages. *J. Agr. Food Chem.* **54**, 4674-4680.
12. Morrissey, P. A., Sheehy, P. J., Galvin, K., Kerry, J. P., and Buckley, D. J. (1998) Lipid stability in meat and meat products. *Meat Sci.* **49**, S73-86.
13. Park, J. S., Kim, H. S., and Chin, K. B. (2012) The antioxidant activity of Yacon (*Polymnia sonchifoliaty*) and its application to the pork patties as a natural antioxidant. *Korean J. Food Sci. An.* **32**, 190-197.
14. Park, S.Y. and Chin, K.B. (2010) Effects of onion on physicochemical properties, lipid oxidation and microbial growth of fresh pork patties. *Int. J. Food Sci. Technol.* **45**, 1153-1160.
15. Schwartz, S. J., von Elbe, J. H., Jackman, R. L., and Smith, J. L. (1980) Quantitative determination of individual betacyanin pigments by high performance liquid chromatography. *J. Agr. Food Chem.* **28**, 540-543.
16. Shinnhuber, R. O. and Yu, T. C. (1977) The 2-thiobarbituric acid reaction, an objective measure of the oxidative deterioration occurring in fats and oils. *J. Jpn. Oil Chem. Soc.* **26**, 259-267.
17. Singleton, V. L., Orthofer, R., and Lamuela-Raventos, R. M. (1999) Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Method Enzymol.* **299**, 152-178.
18. SPSS. (2008) SPSS 17.0 for windows. SPSS Inc. USA.
19. Tomas, M. J. (2000) The role of free radicals and antioxidants. *Nutr.* **16**, 716-718.
20. Vinson, J. A., Hao, Y., Su, X., and Zubik L. (1998) Phenol antioxidant quantity and quality in foods; vegetables. *J. Agr. Food Chem.* **46**, 3630-3643.
21. Yen, G. C. and Hsieh, C. L. (1998) Antioxidant activity of extracts from Du-zhong (*Eucommiaulmoides*) toward various lipid peroxidation models *in vitro*. *J. Agr. Food Chem.* **46**, 3952-3957.
22. Yizhong, C., Mei S., and Harold, C. (2003) Antioxidant activity of betalains from plants of the *Amaranthaceae*. *J. Agr. Food Chem.* **51**, 2288-2294.

(Received 2012.1.9/Revised 1st 2012.5.9, 2nd 2012.7.5/
Accepted 2012.8.8)