

야콘 착즙액의 항산화 활성 및 천연 항산화제로서 돈육패티에 이용

박진선 · 김형상 · 진구복*

전남대학교 동물자원학부 및 생물공학 연구소

The Antioxidant Activity of *Yacon* (*Polymnia sonchifoliaty*) and its Application to the Pork Patties as a Natural Antioxidant

Jin Sun Park, Hyeong Sang Kim, and Koo Bok Chin*

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

Abstract

This study was performed to evaluate the extraction method (*Yacon* ethanol extracts; YEE, *Yacon* pressed extracts; YPE) and various levels (0.05-1.0%) of *Yacon* (*Polymnia sonchifolia*) on antioxidant and antimicrobial activities. In linoleic acid emulsion of YPE, there were higher iron chelation activity and antioxidant activity than those of YEE ($p < 0.05$). A 1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl (DPPH) radical scavenging activity and reducing power of both extracts showed a higher rate at 0.5% level. Ground pork patties, which contain 0.5% YEE and YPE, were manufactured and BHT (0.01%) was used as a reference. Physicochemical properties and microbial counts of ground pork patties, containing a different type of *Yacon*, were evaluated during the 14 d of storage at 4°C. A pH level, and lightness (Hunter L), as well as the yellowness (Hunter b) values of treatments were not different from those of the control ($p > 0.05$), but increased during storage, at 4°C. Lightness values of ground pork patties, with *Yacon* extracts, showed the highest. TBARS value of ground pork patties that contains *Yacon* increased with increased storage at 4°C ($p < 0.05$), and pork patties with YPE or YEE retarded the lipid oxidation, during refrigerated storage, as compared to that of the CTL. Thus, YPE could be used as a potential possibility to inhibit the lipid oxidation of processed meats, during the refrigerated storage.

Key words: yacon, extraction type, antioxidant activity, ground pork, physicochemical properties

서 론

식품은 가공 및 저장 중에 다양한 화학적인 반응을 일으키게 되는데, 특히 지방산화는 화학적인 변패로 저장 중에 식품의 품질을 떨어뜨리게 된다. 지방산화를 일으키는 다양한 요인 중 특히 활성 산소(O)는 매우 산화력이 강하고 불안정한 상태의 산소로 연쇄반응으로 인한 지방산화가 야기되며, 이로 인하여 식육가공품의 관능성상과 기능성은 물론 영양적 가치 등을 저하시키는 주된 원인 물질로 알려져 있다(Aguirrezabal *et al.*, 2000). 특히 이러한 산소의 접촉으로 인해 지방산화시 발생하는 과산화물(H_2O_2)은 생체에 잠재적인 독성물질로 변화되어 관상동맥계의 질환과 발암 및 당뇨병 등을 유발시킨다고 보고하였다

(Abe and Berk, 1998).

따라서 식품에 지방산화 억제를 위해 butylated hydroxy toluene(BHT), butylated hydroxy anisole(BHA), tert-butylhydroquinone(TBHQ) 등 여러 종류의 인공 합성 항산화제를 첨가하고 있다(Martinez-Tome *et al.*, 2001). 그러나 이러한 인공 합성 항산화제의 첨가로 생체내의 독성물질을 생성하여 폐 손상을 야기시키며(Cho and Kim, 1998), 안전성에 문제가 제기됨에 따라 천연물질을 대상으로 한 항산화제의 개발에 대한 관심이 증가하고 있다. 이와 관련하여 Shin 등(1998)은 천연항산화제의 제한 공급과 높은 비용으로 가열분쇄육 제조시 인공항산화제와 천연항산화제를 혼용하여 첨가하여 약 20% 상승효과가 있었다고 하였다.

여러 천연 물질 중 야콘(*Polymnia sonchifolia*)은 남미의 에콰도르와 페루가 원산지이며 우엉, 쑥갓과 함께 국화과에 속하는 다년생 구근 작물로서 주로 수분(860-900 g kg^{-1})과 탄수화물(90-130 g kg^{-1})로 이루어져 있다(Hermann *et al.*, 1999). 또한, 탄수화물 성분에서 fructan이 풍부하지만 전분은 거의 없어 당뇨병에 탁월하다는 연구 결과가

*Corresponding author: Koo Bok Chin, Department of Animal Science, Chonnam National University, Gwangju 500-757, Korea. Tel: 82-62-530-2121, Fax: 82-62-530-2129, E-mail: kbchin@chonnam.ac.kr

보고되면서 점점 알려지기 시작하였다(Yan *et al.*, 1999). 또 야콘은 fructose, glucose, sucrose 등과 함께 fructo-oligosaccharide가 다량 함유 되어있어, 장내 세균 개선, 변비 및 혈청콜레스테롤을 저하시키는 효과를 가지고 있고, 항산화 활성을 보이는 페놀성 화합물이 다량 함유되어 있다(Min *et al.*, 2008). Min 등(2008)은 야콘을 다양한 용매로 추출하여 항산화 활성(ethyl acetate)과 항암활성(hexane)을 규명하였다.

따라서 야콘이 천연 항산화제뿐만 아니라 기능성 식품의 첨가제로써도 사용되고 있으나 아직 육제품에 적용시켜 제품의 품질이나 지방 산화에 어떠한 영향을 미치는지 평가한 사례는 없는 실정이다. 따라서 본 연구는 야콘을 착즙액과 에탄올 추출물 두 가지로 나뉘어 항산화 활성을 평가하는 모델연구를 수행하고, 이를 직접 육제품에 적용하여 육제품의 이화학적 성상과 항산화 효과를 알아보는 제품연구를 수행하여 기능성 식품 첨가물로서 야콘의 이용 가능성을 평가하기 위해 수행되었다.

재료 및 방법

공시재료 및 기능성 물질 추출

본 실험에 사용한 야콘은 2008년에 수확한 페루 A종의 야콘을 구입하였고, 신선한 야콘을 갈아 착즙한 착즙액과 에탄올을 이용하여 추출하였다. 착즙액은 신선한 야콘을 깨끗한 물에 씻기고 껍질을 벗겨 균질시키고, 멸균 가아제를 이용하여 착즙한 후 -70°C 에서 동결 건조하여 냉동 보관하였다. 에탄올 추출은 껍질을 벗기고 얇게 자른 야콘을 60°C 에서 열풍 건조 한 후, 유발을 이용해 분말화하였고, 야콘 분말 20 g을 에탄올 200 mL와 homogenizer (AM-8, Niohnseiki, Japan)를 이용하여 10,000 rpm에서 5분간 균질한 후 하루 동안 교반시킨 후, Whatman #1을 이용하여 여과하였다. 여과 되지 않은 잔사는 에탄올 200 mL를 이용해 재 추출 하였고 이를 3번 반복하였다. 추출과정 중 사용된 에탄올을 제거시키기 위해 감압 농축한 후 착즙액과 마찬가지로 -70°C 에서 동결 건조하여 냉동 보관하였다.

야콘 추출물의 항산화 활성 측정

총페놀성 화합물(Total phenolic compounds)

야콘의 총 페놀성 화합물 함량은 Lin과 Tang (2007)의 방법에 따라 측정 되었다. 증류수에 1% 농도로 희석한 시료용액 0.1 mL와 증류수 2.8 mL, 2%- Na_2CO_3 2 mL와 50% Folin-Ciocalteu reagent 0.1 mL를 첨가하여 30분 동안 상온에서 방치 후 750 nm에서 흡광도를 측정하였고 gallic acid를 이용하여 standard curve를 작성하고, 방정식과 $R^2(=0.9999)$ 값을 구했다.

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

야콘의 DPPH radical scavenging activity는 Huang 등(2006)의 방법에 따라 측정 되었다. 에탄올 추출물과 착즙액은 농도별(0, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1%)로 증류수에 희석하였고, 각각의 희석된 시료 4 mL와 DPPH(0.2 mM in methanol) 용액 1 mL를 혼합 후 30분 동안 실온에서 암실 보관한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 ascorbic acid를 시료와 동일한 조건으로 측정하였고 DPPH에 대한 전자공여능은 다음 식에 의해 산출하였다.

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

A : 시료 첨가시의 흡광도

B : 시료 무 첨가시의 흡광도

철이온 흡착력 (Iron chelation ability)

야콘의 iron chelation ability는 Le 등(2007)의 방법에 따라 측정 되었다. 농도별(0, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1%)로 증류수에 희석된 시료 500 μL , FeCl_2 (0.6 mM in water) 100 μL , methanol 900 μL 혼합물을 5분 동안 상온에서 반응시킨 후, ferrozine(5 mM in methanol) 100 μL 을 가해 10분 동안 상온에서 반응시켰다. 반응 후 562 nm에서 흡광도를 측정하며, 대조구로는 $\text{Na}_2\text{ethylenediaminetetraacetic acid} \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (EDTA)를 이용 하였고 아래의 식에 의해 iron chelation ability 값을 산출하였다.

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

A: 시료 첨가시의 흡광도

B: 시료 무 첨가시의 흡광도

환원력(Reducing power)

야콘의 환원력은 Huang 등(2006)의 방법에 따라 측정 되었다. 농도별(0, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1.0%)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 혼합 한 후 50°C 에서 20분간 배양 한 후, trichloroacetic acid(100 mg/mL)를 2.5 mL 첨가하여 200 g에서 10분간 원심분리 하였다. 원심분리 후 상층부 5 mL와 증류수 5 mL, ferric chloride(1 mg/mL) 1 mL를 혼합한 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로는 ascorbic acid를 사용하였다.

Linoleic acid 과산화 억제능

야콘의 linoleic acid emulsion에서 과산화 억제 효과는 Yen과 Hsieh(1998)의 방법에 따라 측정하였다. Linoleic acid 유화물은 0.4673 g의 linoleic acid와 0.2804 g의 Tween 20을 넣고 50 mL phosphate buffer와의 혼합물을 10,000 rpm에서 3분간 균질화시켜 만든다. 이 유화물과 희석된

야콘 시료 0.5 mL을 섞어 그 반응물을 37°C에서 배양시킨다. 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 산화정도를 평가하였다.

분쇄돈육제조 및 품질평가

돈육 후지 부위의 외부지방과 결체조직을 제거한 후 만육기(Meat chopper, M-12s, 한국후지공업주식회사, 한국)를 이용하여 균질화 하였다. 균질된 시료와 첨가물을 혼합기(EF20, Crypto Peerless Ltd, Birmingham, England)로 혼합하여 만육기로 재 균질화 과정을 거쳐 시료의 양을 약 80 g으로 일정하게 petri-dish를 이용하여 패티 모양으로 정형화 하였다. 이때 착즙과 에탄올로 추출한 야콘 추출물 0.5%를 첨가하였고 대조구로 첨가하지 않은 것과 또한 BHT를 0.01% 첨가하여 제조한 돈육 패티는 폴리스티렌 케이스에 담아 4°C에서 저장하였고 이화학적 검사 및 미생물 검사와 지방산패도는 thiobarbituric acid reactive substances(TBARS)를 냉장저장 0, 3, 7, 10, 14일에 각각 실시하였다.

육색도 측정

육색도는 Minolta Color Reader(CR-10, Minolta Co. LTD, Japan)을 이용하여 측정하였고, 분쇄육 표면의 명도(Hunter L, lightness), 적색도(Hunter a, redness), 황색도(Hunter b, yellowness)를 5회 반복 측정한 평균값으로 나타내었다. 본 실험에 사용된 표준 백색평판의 값은 L = 93.5, a = 1.24, b = 0.13인 calibration plate를 사용하였다.

pH 측정

pH는 시료 10 g과 증류수 90 mL를 혼합하여 식육가공기로 균질화시킨 후, pH-meter(Model 340, Mettler-Toledo, Switzerland)를 이용하여 5회 반복 측정한 평균값을 구하였다.

지방산패도(Thiobarbituric acid reactive substance, TBARS)

돈육 패티의 TBARS 값은 Shinnhuber와 Yu(1977)의 방법을 이용하였다. TBA시약과 반응하여 붉은색을 띄는 malondialdehyde의 생성량을 측정하여 지방 산패도를 측정한다. 균질화된 시료 2 g과 실험 중 산화를 방지시켜주는 antioxidant solution(BHT + BHA + glycerol + Tween 20) 3방울, thiobarbituric acid 3 mL와 tricycloacetic acid (100 mg/mL) 17 mL를 넣고 충분히 vortexing 한 뒤 가열하였다. 가열 후 실온에서 냉각시킨 상층액 5 mL와 chloroform 5 mL를 10분 동안 200 g로 원심분리한 후, 상층액

3 mL와 petroleum ether 3 mL를 혼합한 후 다시 한 번 5분간 원심분리 하였다. 원심분리 후 반응물을 532 nm에서 흡광도를 측정하여 다음 식에 의해 TBARS 값을 산출하였다.

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

미생물 검사

균질화된 시료 10 g과 멸균 증류수 90 mL를 혼합한 후 pipette을 이용하여 혼합물 1 mL를 9 mL 멸균증류수에 옮겨 희석하였고, 필요에 따라 희석 배수를 늘려 실험에 사용하였다. 총균수는 plate count agar(TPC), 대장균군수(*Enterobacteriaceae*)는 violet red bile agar(VRB)에 접종하여 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 균락수를 측정하여 Log CFU/g 단위로 나타내었다.

통계분석

본 실험은 SPSS software program(SPSS, 2008)을 이용하여 처리구와 저장기간을 요인으로 하는 이원배치 분산분석(two-way ANOVA)에 의해 통계처리가 수행되었으며, 사후분석은 $\alpha=0.05$ 유의 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

야콘 추출물의 총 페놀성 화합물 및 고형분 함량

야콘에 함유된 페놀성 화합물로는 chlorogenic, gallic, protocatechuic, ferulic, caffeic acid 등과 그 유도체로써(Yan *et al.*, 1999; Min *et al.*, 2008), 수소원자를 라디칼에게 제공하여 산소와의 반응을 막는 연쇄반응을 통해 free radical을 안정화시켜 산화를 억제한다(Tomas, 2000). 야콘 에탄올 추출물(Yacon ethanol extracts, YEE)과 야콘 착즙액(Yacon pressed extracts, YPE)의 페놀성 화합물량은 Table 1에 나타난 바와 유의적 차이가 없었다($p>0.05$). 반면 Min 등(2008)의 연구에서는 추출 용매에 따른 페놀성 화합물 함량의 차이가 있었으며 유기용매를 이용한 추출물(hexane, chloroform, ethyl acetate, butanol 등) 물 추출물 보다 총 페놀성 화합물 함량이 더 높았다고 보고하여 본 실험의 결과와 상이하였다. 이는 본 연구에서는 야콘을 직접 균질화시킨 후 거즈를 이용하여 바로 착즙하였으나, Min 등(2008)의 연구에서는 메탄올을 이용하여 추출하고 hexane층을 얻은 후 남은 잔사를 수용액층으로 추출하여 추출방법에 의한 차이로 평가된다. 한편 야콘 추출물의 고형분 함량은 Table 1과 같이 야콘 에탄올 추출물보다 야콘 착즙액에서 9.62%로 유의적으로 더 높은 결과를 나타내었다($p<0.05$). 이는 두 추출물의 추출조건에 따른 차이로, 에탄올 추출은 60°C 열풍건조를 통해 얻은

Table 1. The contents of total phenolic compound and solid content of Yacon

Parameter	Extraction method	
	Ethanol	Pressed
Total phenolic compounds (g/100 g of Fresh Weight)	1.56±0.23 ^{a1)}	0.96±0.65 ^a
Solid content (%)	5.17±0.76 ^b	9.62±0.32 ^a

^{a,b}Means having same superscripts within same row are not different ($p>0.05$).

¹⁾Means±SD.

건조분말을 이용하여 추출하였고 착즙 추출은 생 야콘을 건조과정 없이 추출하였기 때문이라 사료된다.

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

DPPH 라디칼 소거능은 다른 항산화 실험에 비해 비교적 짧은 시간 내 측정이 가능하고 그 과정이 간단해 항산화 능력을 평가하는데 매우 널리 사용되는 방법이다(Que *et al.*, 2006). DPPH 라디칼 소거능의 결과는 Fig. 1(A)에 나타내었으며, 총 페놀성 화합물 함량과 같이 두 추출물간의 차이는 보이지 않았다($p>0.05$). 대조구인 ascorbic acid는 모든 농도에서 94.6% 이상의 높은 항산화 활성을 보인 데에 비해, 두 처리구 모두 비교적 낮은 활성을 보였고, 야콘 에탄올 추출물(YEE)만이 가장 높은 농도인 1% 수준에서 51.6%의 활성을 보였고, 야콘 착즙(YPE)은 모든 농도에서 50% 이하의 활성을 보였지만 두 추출물간의 유의적인 차이는 나타나지 않았다($p>0.05$). Lee 등(2009)의 연구에 의하면 야콘의 총 페놀성 화합물 측정에서 더 높은 값을 나타낸 에탄올 추출법이 DPPH 라디칼 소거능 측정에서도 더 높은 항산화 효과를 보였다. 반면 본 연구에서는 두 추출법에 따른 총 페놀성 화합물의 값에 유의적인 차이가 없었으며, DPPH 라디칼 소거능에서도 두 추출물간에 유의적인 차이를 관찰할 수 없었다. 따라서 두 추출법에 따른 총 페놀성 화합물의 차이가 없었던 결과와 마찬가지로 DPPH 라디칼 소거능에서도 그와 유사한 결과를 보인 것으로 사료된다.

야콘 추출물의 철이온 흡착력(iron chelation ability)

야콘의 철이온 흡착력 측정 결과는 Fig. 1(B)에 나타내었으며 두 추출물간의 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 대조구로는 EDTA를 사용하였고 모든 농도(0, 0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1%)에서 98% 이상의 높은 항산화 활성을 보였다. 반면 야콘 착즙 추출물(YPE)은 0.25% 수준에서부터 69% 이상의 높은 효과를 나타내었으나, 야콘 에탄올 추출물(YEE)에서는 전 농도에서 17.8% 이하의 낮은 활성을 보여, 야콘 착즙액이 야콘 에탄올 추출물보다 철이온 흡착력이 높아 항산화 효과가 높은 것으로 사료된다. Khokhar

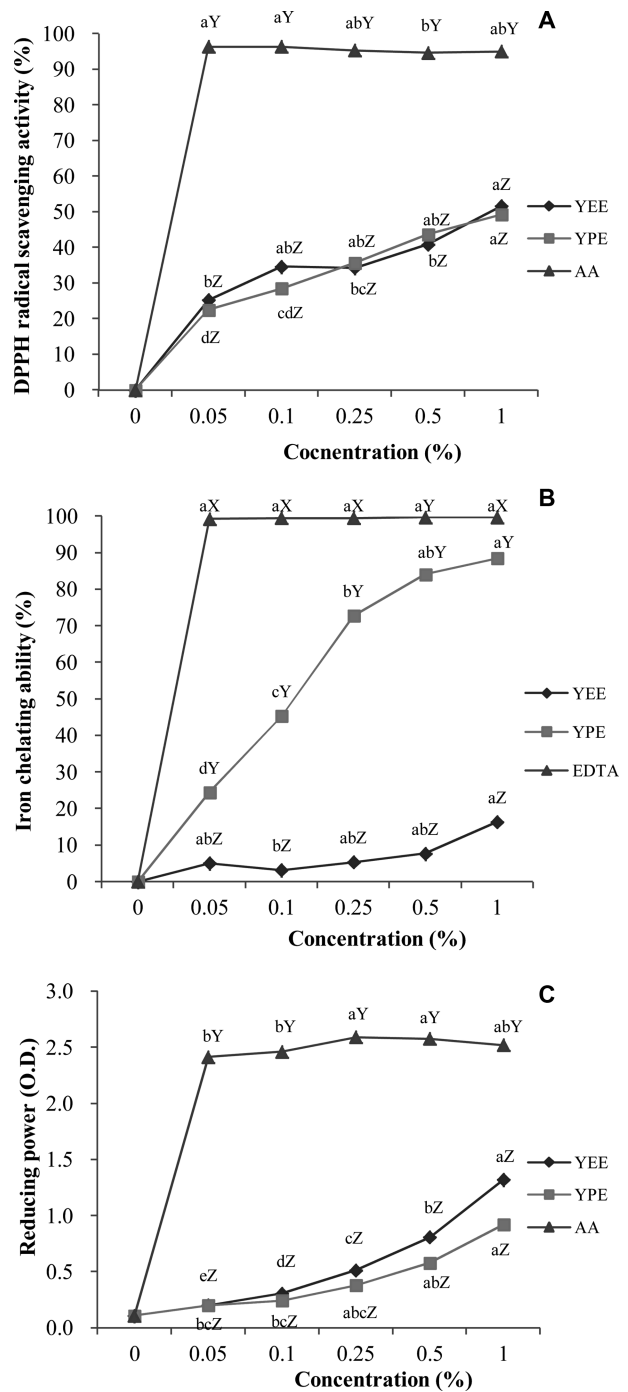


Fig. 1. Antioxidant activities of Yacon with various concentrations. CTL¹, Ascorbic acid; CTL², Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA); YEE, Yacon ethanol extract; YPE, Yacon Pressed Extract. ^{a-c}Means having same superscripts within same row (concentration) are not different ($p>0.05$). ^{x-z}Means having same superscripts within same column (treatment) are not different ($p>0.05$).

과 Apenten(2003)은 티 카테킨(Tea catechin)을 포함한 여러 종류의 flavonoid 계의 항산화제와 철 이온이 결합하는 능력을 평가하였으며, flavonoid 종류에 따라 구조적 차이로 인한 능력의 차이를 설명하였다. 따라서 본 연구에서

는 야콘 에탄올 추출물과 착즙액의 페놀성 화합물의 종류를 분석하지는 않았으나, 그 차이로 인하여 결과의 차이를 보여 준 것으로 판단된다.

야콘 추출물의 환원력 (Reducing power)

야콘의 환원력은 Fig. 1(C)에서와 같이 대조구로 사용한 ascorbic acid가 전 농도에서 흡광도 2.4 이상의 높은 수치를 나타냈으며 야콘 착즙방법에 따른 두 처리구 사이에 유의적인 차이 없이($p>0.05$) ascorbic acid를 첨가한 대조구보다 낮은 환원력을 나타내었다. 한편 Duh(1998)에 따르면 야콘과 같이 국화과에 속하는 우영(*Arctium lappa* Linné)은 환원력에서 높은 활성을 보였다고 보고하였으며 본 연구에서 역시 야콘 에탄올 추출물은 0.25% 수준에서부터 농도가 높아질수록 0.52, 0.81, 1.32의 활성을 보이고, 야콘 착즙 추출물은 0.5% 수준에서부터 농도가 높아짐에 따라 0.58, 0.92의 활성을 보여 두 처리구 농도 상승과 비례적으로 높은 효과를 나타냈다.

야콘 추출물의 Linoleic acid 과산화 억제능

야콘의 linoleic acid 과산화 억제능은 thiocyanate 방법(Yen and Hsieh, 1998)에 따라 이루어졌으며, 그 결과를 Table 2에 나타내었다. 배양시간에 따른 항산화 활성에서 62시간에서 65%로 가장 높은 활성을 보였고, 0.01과 0.025%보다 0.05%에서 유의적으로 높은 활성을 보였다($p<0.05$). 또한 야콘 착즙 추출물(YPE)은 70.5%, 야콘 에탄올 추출물(YEE)은 39.4%의 활성을 보여 유의적으로 야콘 착즙 추출물이 더 높은 활성을 보였다. Duh(1998)는 야콘과 같은 속의 우영을 본 연구와 같은 thiocyanate 방법에 의해 항산화력을 평가하였고, 그 결과 물로 추출한 것이 96.3%으로 가장 높고 메탄올과 에탄올과 같은 유기용매로 추출한 것이 유의적으로 낮아 본 연구 결과와 유사함을 알 수 있었다.

야콘 추출물을 첨가한 돈육패티의 이화학적 성상 및 미생물 검사

야콘을 첨가한 돈육 패티의 pH는 Table 3에 나타내었다.

Table 2. Antioxidant activities of ethanol extracted and pressed *Yacon* with different types of extraction methods and various concentrations

Parameter	Treatments ¹⁾		Concentration (%)			Time (h)					
	YEE	YPE	0.01	0.025	0.05	24	48	62	72	89	110
Inhibition (%)	39.4 ^b	70.5 ^a	44.2 ^b	51.8 ^b	68.8 ^a	54.4 ^a	55.6 ^a	65.3 ^a	62.5 ^a	50.6 ^a	41.0 ^a

¹⁾Treatments: YEE = *Yacon* ethanol extracts, YPE = *Yacon* pressed

^{a,b}Means having same superscripts within same row are not different ($p>0.05$).

Table 3. Physico-chemical properties and microbial growth of pork patties containing *Yacon* extracts during refrigerated storage

	Parameters ¹⁾					
	pH	L	a	b	TPC (CFU/g)	VRB (CFU/g)
Treatment*Storage	NS	NS	*	NS	NS	NS
Treatment	NS	NS	*	NS	NS	NS
Storage	**	NS	**	NS	**	**
Treatment ²⁾						
CTL	5.65±0.24 ³⁾	55.8±3.16		7.02±0.64	4.78±1.39	3.85±1.64
REF	5.66±0.25	57.8±1.79		6.95±0.55	5.06±1.50	3.99±1.69
TRT1	5.57±0.17	58.0±2.32		7.33±1.20	5.32±1.58	4.42±1.97
TRT2	5.60±0.18	57.1±3.33		7.09±1.02	5.61±1.53	4.30±1.91
Storage (d)						
0	5.49±0.09 ^c	55.9±4.22 ^a		7.48±0.76 ^a	3.92±0.62 ^c	2.49±0.22 ^d
3	5.49±0.01 ^c	57.6±1.18 ^a		7.41±1.04 ^a	3.73±0.56 ^c	2.44±0.30 ^d
7	5.54±0.04 ^{bc}	57.1±3.12 ^a		6.71±1.00 ^a	4.94±0.40 ^b	3.70±0.50 ^c
10	5.62±0.06 ^b	57.9±2.03 ^a		6.76±0.89 ^a	6.36±0.87 ^a	5.60±0.68 ^b
14	5.97±0.20 ^a	57.3±2.59 ^a		7.13±0.42 ^a	7.01±0.89 ^a	6.46±1.00 ^a

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

¹⁾Parameters: L, Hunter L; lightness; a, Hunter a, redness; b, Hunter b, yellowness; TBARS, thiobarbituric acid reactive substances; TPC, total bacterial count; VRB, *Enterobacteriaceae*.

²⁾Treatment: CTL, control patty; REF, reference patty with BHT 0.01%; TRT 1, treatment patty with *Yacon* ethanol extracts; TRT 2, treatment patty with *Yacon* pressed extracts

³⁾Means±SD.

^{a-d}Means with same superscript within same column (storage time) are not different ($p>0.05$).

pH는 처리구와 저장기간에 따른 상호작용은 나타나지 않았으며($p>0.05$), 처리구간에는 차이가 없었으나 저장기간에 따른 유의적인 차이는 있는 것으로 나타나($p<0.05$) 저장 기간이 경과함에 따라 pH가 증가하는 경향을 보였으며 실험 종료 14일에는 가장 높은 값을 나타내었다($p<0.05$). Choi 등(1998)은 국내 냉장 돈육의 저장성을 평가한 실험에서 7일부터 14일째 냉장 돈육의 pH가 크게 증가한다고 하였는데 본 연구결과에서도 유사하게 7-10일 이후부터 pH가 크게 증가하는 것을 확인 할 수 있었다. 한편 육색도도 역시 Table 3에 나타난 바와 같이 적색도를 제외한 명도와 황색도에서는 처리구와 저장기간에 따른 상호작용은 나타나지 않았으며($p>0.05$), 처리구별이나 저장 기간 중에 백색도와 황색도의 차이가 없었다($p>0.05$).

야콘을 첨가한 돈육 패티의 미생물 결과는 Table 3에 나타난 바와 같이 총균수는 처리구별 유의적인 차이를 보이지 않았으나($p>0.05$), 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다($p<0.05$). 저장 초기에 3.92 Log CFU/g의 값을 나타내었고, 10일 경과 후부터 높은 증가율을 보였으나 처리구별 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 대장균군수(*Enterobacteriaceae*)에서도 마찬가지로 처리구별 차이는 보이지 않았으나($p>0.05$), 10일 경과 후부터 모든 처리구에서 유의적으로 증가하는 결과를 나타내어 가식이 불가한 것으로 평가되었다($p<0.05$). 따라서 총균수와 대장균군수는 유사한 경향을 보이며, 저장기간이 경과함에 따라 점점 증가하며, 10일 경과 후부터 높은 증가율을 보이는 것을 알 수 있었다. 이와 관련하여 Kim(2005)은 야콘을 열수추출 한 것과 균질기로 갈아 여과한 후 농축한 것을 식품의 저장 중 부패 및 식중독에 관여하는 여러 균주에 접종하여 항균활성을 평가하였는데, 대부분의 균주에서 항균활성을 나타냈다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서는 야콘 추출물을 첨가한 패티에서 미생물 억제 효과를 확인할 수 없었는데, 이는 야콘의 기능성 물질 추출

방법이라든지 육제품 내에서 다른 물질과의 상호작용 등 여러 변수에 의해 그 항균활성이 미미해진 것으로 판단되며, 본 연구에서와 같이 패티에 직접 첨가할 경우는 그 효과가 약해짐을 알 수 있었다. 따라서 기존의 0.5%에서 항균효과를 갖기 위하여 더 많은 양을 첨가하는 것이 항균효과를 위하여 필요할 것으로 판단된다.

반면, 적색도와 지방산패도(TBARS)에서는 저장기간과 처리구에 대한 상호작용을 확인하였으며($p<0.05$), Table 4에 나타난 바와 같이 저장기간이 경과하면서 모든 처리구의 적색도 수치가 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 특히, 두처리구 모두 저장 7일째 적색도의 유의적 감소를 보였으나($p<0.05$), 저장 14일째에는 처리구와 유사한 수치를 보였다. Lee와 Shim(2010)은 야콘 동결건조 분말을 설기떡에 3, 5 그리고 7%를 첨가하여 그 품질 특성을 평가하였는데, 첨가량이 증가할수록 명도가 감소하고 적색도와 황색도는 유의적으로 증가하는 결과를 보고하였다. 이와 같은 결과는 본 실험에서는 첨가량이 0.5% 수준이었기 때문에 돈육 패티의 전체적 색도에 크게 영향을 미치지 않은 것으로 판단된다.

야콘을 첨가한 돈육 패티의 냉장 저장 중 TBARS 값은 Table 4에 나타난 바와 같이 대조구가 저장초기 0.25 mg/kg로 유의적으로 가장 높은 값을 나타내었고, 합성항산화제인 BHT(REF)와 야콘 처리구는 유사한 값을 보였다(0.12-0.16 mg/kg). 저장기간이 경과 함에 따라 TBARS 값은 점점 높아지며 저장 10일째부터 대조구는 1.65 mg/kg으로 급상승한 반면 야콘 추출액은 참조구인 0.1% BHT 처리구 만큼 저해가 되지 않았으나 대조구와 유의적으로 낮은 값을 보였고($p<0.05$), 따라서 야콘 추출액을 0.5% 수준으로 육제품에 첨가 시 지방 산화를 억제할 수 있을 것으로 기대된다. 이와 관련하여 Vuorela 등(2005)은 돈육 패티에 여러 가지 식물에서 추출한 페놀성 화합물을 첨가하여 저장 기간 동안 형성된 hexanal의 양을 측정함으로써

Table 4. Redness (Hunter a) values and TBARS of pork patty containing Yacon extracts during refrigerated storage

	Storage (d)				
	0	3	7	10	14
Hunter a					
CTL	16.5±0.49 ^{aA}	12.3±0.25 ^{bAB}	10.8±1.24 ^{bA}	6.82±0.79 ^{cAB}	7.15±0.81 ^{cA}
REF	14.6±0.31 ^{aB}	12.7±0.42 ^{bA}	9.18±0.25 ^{cAB}	7.71±0.52 ^{dA}	7.60±0.48 ^{dA}
TRT1	14.1±0.31 ^{aB}	11.1±0.72 ^{bBC}	7.46±0.23 ^{cBC}	6.81±0.24 ^{cAB}	6.76±0.85 ^{cA}
TRT2	12.7±0.21 ^{aC}	10.1±0.33 ^{bC}	7.07±0.52 ^{cC}	5.57±0.16 ^{dB}	6.31±0.18 ^{cdA}
TBARS					
CTL	0.25±0.05 ^{cA}	0.66±0.17 ^{bA}	0.64±0.03 ^{bA}	1.65±0.18 ^{aA}	1.79±0.12 ^{aA}
REF	0.14±0.01 ^{cB}	0.15±0.01 ^{cB}	0.27±0.02 ^{abC}	0.31±0.04 ^{aB}	0.24±0.01 ^{bC}
TRT1	0.16±0.01 ^{cB}	0.16±0.01 ^{cB}	0.45±0.02 ^{bB}	0.51±0.03 ^{bB}	0.82±0.07 ^{aB}
TRT2	0.12±0.01 ^{cB}	0.16±0.02 ^{cB}	0.17±0.01 ^{cD}	0.30±0.01 ^{bB}	0.67±0.09 ^{aB}

^{A-D}Means with same superscript within same column are not different ($p>0.05$).

^{a-d}Means with same superscript within same row are not different ($p>0.05$).

써 지방산화 억제 정도를 평가하였는데, 페놀성 화합물이 많이 첨가 될 수록 지방 산화를 억제시키는 결과를 나타내었다. 따라서, 본 실험에 사용한 야콘에 포함된 항산화 활성을 가지는 페놀성 화합물이(YEE=1.56 g/100 g; YPE=0.96 g/100 g) 돈육 패티에서 항산화제로 작용하여 지방 산화를 억제한 것으로 사료된다. 이와 같은 결과를 토대로 야콘 추출물이 육제품 내에서 천연의 항산화제로써 지방산화 억제를 위해 사용 가능성이 있음을 보여주고 있다.

요 약

본 연구는 국화과 구근 작물인 야콘을 이용하여 농도별(0.05, 0.1, 0.25, 0.5, 1%)로 야콘 에탄올 추출물(YEE)과 야콘 착즙액(YPE)의 항산화 활성을 평가했다. 그 결과 철이온 흡착력과 linoleic acid 과산화 억제능 및 추출 수율에서 야콘 착즙액이 야콘 에탄올 추출물보다 더 높은 활성을 나타내었다($p < 0.05$). 특히 철이온 흡착력에서 YPE가 0.5% 수준에서 약 80% 정도의 활성을 보였고, linoleic acid 과산화 억제능에서는 70% 이상의 매우 높은 활성을 띄었다. DPPH 라디칼 소거능과 환원력에서는 두 추출물 모두 0.5% 수준 이상에서 높은 활성을 보였다($p > 0.05$). 이러한 결과를 토대로 0.5%의 YEE와 YPE를 각각 돈육패티에 적용하였고, 대조구로는 BHT 0.01%를 이용하여 냉장저장 기간 동안(0, 3, 7, 10, 14일) 이화학적 특성 및 미생물 검사를 실시하였다. 그 결과 pH와 백색도, 황색도에서 각 처리구에 따른 유의적인 차이를 보이지 않았으나($p > 0.05$) 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였고, 반면 적색도에서는 처리구별로 대조구가 가장 높고 REF(BHT 0.01%), TRT1(YEE), TRT2(YPE) 순서로 낮아지는 경향을 보였으나 10일 이후부터는 대조구와 유의차가 없었고($p > 0.05$), 저장기간이 경과할수록 유의적으로 낮아졌다($p < 0.05$). 미생물 결과는 처리구별 차이는 없었으나($p > 0.05$), 7일 경과 후부터 모든 처리구가 급격히 증가하였다($p < 0.05$). TBARS값도 저장기간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 보였으며($p < 0.05$), 야콘 착즙액 처리구와 에탄올 추출물 처리구간에 차이는 없었으나($p > 0.05$), 착즙액의 경우 대조구에 비하여 낮음으로써 항산화 활성을 보였다($p > 0.05$). 이와 같은 연구결과로 볼 때 야콘 착즙액이 지방 산화억제를 위한 천연의 항산화제로 식육가공품에 사용 가능성이 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

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

참고문헌

- Abe, T. and Berk, B. C. (1998) Reactive oxygen species as mediators of signal transduction in cardiovascular disease. *Trends Cardiova. Med.* **8**, 59-64.
- Aguirrezabal, M. M., Mateo, J., Dominguez, M. C., and Zumalacargui, J. M. (2000) The effect of paprika, garlic and salt on rancidity in dry sausage. *Meat Sci.* **54**, 77-81.
- Cho, M. H. and Kim, B. H. (1988) Basic Toxicology. Young Jin Moon Hwa Sa. pp. 194-197.
- Choi, Y. I., Cho, H. G., and Kim, I. S. (1998) A study on the physicochemical and storage characteristics of domestic chilled porks. *Kor. J. Anim. Sci. Technol.* **40**, 59-68.
- Duh, P. D. (1998) Antioxidant activity of Burdock (*Arctium lappa Linné*): Its scavenging effect on free-radical and active oxygen. *JAOCS* **75**, 455-461.
- Hermann, M., Freire, I., and Pazos, C. (1999) Compositional diversity of the yacon storage root. In: Impact on a changing world. Program Report 1997-1998. *CIP. Lima.* 425-432.
- Huang, S. J., Tsai, S. Y., and Mau, J. L. (2006) Antioxidant properties of methanolic extracts from *Agrocybe cylindracea*. *LWT-Food Sci. Technol.* **39**, 387-38.
- Khokhar, S. and Apenten, R. K. O. (2003) Iron binding characteristics of phenolic compounds: some tentative structure-activity relations. *Food Chem.* **81**, 133-140.
- Kim, Y. S. (2005) Antimicrobial activity of yacon K-23 and manufacture of functional yacon jam. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **37**, 1035-1038.
- Le, K., Chiu, F., and Ng, K. (2007) Identification and quantification of antioxidants in *Fructus lycii*. *Food Chem.* **105**, 353-363.
- Lee, E. S. and Shim, J. Y. (2010) Quality characteristics of *Sulgidduk* with yacon powder. *Kor. J. Food Cookery Sci.* **26**, 545-551.
- Lee, Y. S., Ahn, D. S., Joo, E. Y., and Kim, N. W. (2009) Antioxidative activities of *Syneilesis palmata* extracts. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **38**, 1471-1477.
- 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.
- Martinez-Tome, M., Jimenez, A. M., Ruggieri, S., Frega, N., Strabbioli, R., and Mucia, M. A. (2001) Antioxidant properties of Mediterranean compared with common food additives. *J. Food Prot.* **64**, 1412-1419.
- Min, K. J., Cheon, J. U., and Cha, C. G. (2008) Antioxidative and anti-cancer activities of extracting of Yacon. *J. Food Hyg. Safety* **23**, 163-168.
- Que, F., Zhu, M. C., and Xie, G. (2006) Antioxidant properties of Chinese yellow wine, its concentrate and volatiles. *LWT-Food Sci. Technol.* **39**, 111-117.
- Shin, T. S., Kang, H. S., Kim, S. K., Lee, K. W., Cho, B. W., and Jeon, H. Y. (1998) Synergistic effects of synthetic and natural antioxidants on lipid oxidation of cooked ground pork during cold storage. *J. Agri. Tech. Dev. Inst.* **2**, 105-113.
- 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. Jap. Oil Chem. Soc.* **26**, 259-267.
19. SPSS. (2008) SPSS 17.0 for windows. SPSS Inc. USA.
20. Tomas, M. J. (2000) The role of free radicals and antioxidants. *Nutr.* **16**, 716-718.
21. Vuorela, S., Salminen, H., Mäkelä, M., Kivikari, R., Karonen, M., and Heinonen, M. (2005) Effect of plant phenolics on protein and lipid oxidation in cooked pork meat patties. *J. Agric. Food Chem.* **53**, 8492-8497.
22. Yan, X., Suzuki, M., Ohnishi-Kameyama, M., Sada, Y., Nakanishi, T., and Nagata, T. (1999) Extraction and identification of antioxidants in the roots of Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). *J. Agric. Food Chem.* **47**, 4711-4713.
23. Yen, G. C. and Hsieh C. L. (1998) Antioxidant activity of extracts from Du-zhong (*Eucommiaulmoides*) toward various lipid peroxidation models in vitro. *J. Agric. Food Chem.* **46**, 3952-3957.

(Received 2011.11.29/Revised 1st 2012.1.16, 2nd 2012.2.20/
Accepted 2012.2.21)