

야콘 분말 추출물의 항산화 효과 및 항균 활성 분석

강 근 옥

국립한경대학교 영양조리학과

Analysis of Antioxidant Effects and Antimicrobial Activity of Extracts from Yacon (*Polymnia sonchifolia*) Powder

Kun Og Kang

Department of Nutrition and Culinary Science, Hankyong National University, Ansung 456-749, Korea

Abstract

The purpose of this study was to analyze the antioxidant effects and antimicrobial activity of extracts from yacon powder. The total polyphenol contents of yacon powder extracted with methanol was 38.5 mg/g, while extracted with water was 24.0 mg/g. Extractions with methanol were therefore more effective than with water. The total flavonoid contents of yacon powder extracted with methanol was 9.2 mg/g, while that with water was 7.8 mg/g. The electron donating ability of yacon powder extracts, natural antioxidant, and artificial antioxidant at 1.0 mg/mL arranged in order of decreasing concentration were ascorbic acid (98.7%) > BHT (44.7%) > methanol extract (12.1%) > water extract (7.8%). Nitrite-scavenging ability of yacon powder extracted with methanol at pH 1.2 was 13.1%, while that of powder extracted with water at pH 1.2 was 6.8%. And, the hydroxyl radical scavenging activities of yacon powder with methanol at 5 mg/mL was 40.2%. The antimicrobial activity of yacon powder extracted with methanol could be detected on *Bacillus cereus* (10,000 µg/disc) and *Staphylococcus aureus* (10,000 µg/disc).

Key words : Yacon powder, extracts, antioxidant effect, antimicrobial activity.

서 론

야콘(yacon)은 학명이 *Smallanthus sonchifolius*이고, 국화과에 속하는 다년생 구근식물로서 남아메리카 안데스 산맥의 중부고지대가 원산지이다(Novel V 1984). 야콘에는 fructose, glucose, sucrose, inulin, fructo-oligo당 등이 다량 함유되어 있어 단맛이 강하지만, 배와 같은 시원한 단맛을 낸다(Cazetta *et al* 2005). Fructose나 fructo-oligo당은 중요한 천연 감미성분으로 활용되고 있으며, 특히 fructo-oligo당은 올리고당으로서 체내에서 흡수 및 이용이 되지 않으므로 식이요법에 의한 당뇨병 예방과 치료에 효과가 있다(Doo *et al* 2001).

생체 내에서 에너지 대사 중에 많은 활성산소들이 생성되는데, 이들 활성산소는 제거기작에 의하여 대부분 소멸되지만, 잔존하는 활성산소에 의하여 항산화 방어계와의 균형이 깨지면 각종 질환의 원인이 된다(Kyrtopoulos SA 1989). 항산화 작용의 메카니즘은 free radical 형성에 관여하는 효소를

억제하거나 미량원소들을 chelation시킴으로써 반응을 억제하는 작용과 활성산소를 소거하는 작용 및 항산화제의 방어 조절 또는 보호 작용 등이다(Kim HB 2005). 활성산소의 작용을 억제하기 위한 항산화성 물질로는 아스코르빈산, 토코페롤, 카로티노이드, 플라보노이드, 아미노산, 펩티드, 단백질, 인지질 등의 천연 항산화제와 butylated hydroxyanisole(BHA) 및 butylated hydroxytoluene(BHT) 등 합성 항산화제가 있다.

야콘의 항산화 활성 연구로 Kim *et al*(2010a)은 야콘이 체내 신진대사와 생리활성 및 항산화 효과를 나타내는 물질을 함유하여 야콘의 이용가치가 높다고 하였으며, Park *et al* (2012)도 야콘 착즙액이 지방 산화 억제를 위한 천연의 항산화제로 식육가공품에 사용 가능성이 있다고 하였다. 그리고 야콘의 생리활성 효능검증을 위한 연구로 지질대사 개선 및 항비만(Kim *et al* 2010b), 당뇨병 쥐의 혈당 저하 효과(Park *et al* 2009, Lee *et al* 2012b), 췌장염에 미치는 영향(Choi *et al* 2007) 등이 보고된 바 있다. 또한 야콘의 식품활용에 있어서는 야콘 발효 초음료 개발(Lee *et al* 2010), 야콘 첨가 김치(Lee *et al* 2012a), 스펀지케이크(Lee & Son 2011), 설기떡(Lee & Shim 2010) 등에 관한 연구가 있다.

이렇듯 야콘의 다양한 생리활성 및 항산화성에 대한 관심

† Corresponding author : Kun Og Kang, Tel : +82-31-670-5181, Fax : +82-31-670-5187, E-mail : cocco-9522@hanmail.net

이 높아지고 있지만, 아직 식품으로써의 이용이나 활성에 대한 연구는 활발하지 않은 실정이다. 그러므로 본 연구에서는 추출 방법 및 추출 조건 등에 따라 유효성분의 함량에 영향을 미치므로 야콘 추출액에 대한 항산화 활성을 탐색할 수 있는 다양한 분석과 항균 효과 실험을 통해 야콘의 식품 산업적 활용가치를 높이는데 기여하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용된 야콘 분말은 2010년 10월에 정우당(서울)에서 구입하여 -40℃에 냉동보관하면서 시료로 사용하였다.

2. 실험 방법

1) 일반성분 측정

야콘의 일반성분은 AOAC법(AOAC 1995)에 따라 측정하였다. 즉, 수분은 105℃ 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백은 semi micro Kjeldahl 법(N×6.25), 조회분은 550℃ 회화법, 조섬유는 H₂SO₄-KOH 법으로 정량하였다. 탄수화물은 100에서 수분, 조지방, 조단백, 조회분, 조섬유를 뺀 값으로 하였으며, 3회 반복 측정하여 평균값과 표준편차를 내었다.

2) 야콘 추출물 제조

야콘 분말 100 g을 정확히 칭량하여 10배의 메탄올 및 물을 각각 첨가한 후, 100℃에서 환류냉각장치를 이용하여 5시간동안 추출하였다. 각각의 추출물은 여과지(Whatman No. 2)로 여과하고, 남은 잔사에 다시 용매를 가하여 위와 동일한 방법으로 3반복 추출하여 제조하였다. 이 추출물을 40℃의 동일조건에서 감압농축기(N-1000, EYELA, Japan)를 사용하여 용매가 완전히 제거된 상태에서 다시 동결건조하여 측정 시료로 사용하였다. 수율의 측정은 추출에 사용한 시료의 건물에 대한 추출물의 총 고형분 함량의 백분비로 하였다. 제조된 야콘 추출물은 냉동실(-40℃)에서 보관하면서 실험에 사용하였다.

3) 총 폴리페놀 화합물 측정

총 폴리페놀 화합물 함량은 Folin-Denis 법(Folin & Denis 1912)에 의하여 분석하였다. 즉, 증류수 7 mL와 100 µg/mL 농도의 시료용액 1 mL를 캡튜브에 넣은 후 Folin-Denis 시약 0.5 mL를 첨가하여, 정확히 3분 후에 sodium carbonate 포화용액 1 mL, 증류수 0.5 mL를 넣고, 725 nm에서 spectrophotometer(UV-1601, Shimadzu, Japan)로 흡광도를 측정하였다.

표준 검량 곡선은 탄닌산(Sigma Co., USA)을 사용하여 작성하였으며, 표준 곡선 작성에 이용한 탄닌산의 농도는 25, 50, 75 및 100 µg/mL이었다. 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg tannic acid로 나타내었다.

4) 총 플라보노이드 측정

총 플라보노이드 함량(Kang *et al* 1996)은 200 µg/mL 농도의 시료용액 1 mL와 diethylene glycol 10 mL를 혼합하고, 여기에 1 N NaOH용액 1 mL를 가하여 잘 혼합한 후, 37℃에서 1시간 반응시켜 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 표준 검량곡선은 quercetin(Sigma Co., USA)을 사용하여 작성하였으며, 표준곡선 작성에 이용한 quercetin의 농도는 50, 100, 150 및 200 µg/mL이었다. 총 플라보노이드 함량은 시료 g 중의 mg quercetin으로 나타내었다.

5) 전자공여능 측정

전자공여능(electron donating ability)은 Blois MS(1958)의 방법을 응용하여 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 각 시료들의 수소 공여 효과로 측정하였다. 즉, 일정농도(0.1 mg/mL, 0.5 mg/mL 및 1.0 mg/mL)의 시료용액 0.15 mL를 각각 취하여 3.5×10⁻⁵ M DPPH 용액 3 mL와 잘 혼합하여 실온에서 30분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 따로 무첨가구 시험을 하여 대조구의 흡광도를 같은 조건에서 측정하였다. 비교구로 ascorbic acid와 BHT를 이용하여 위와 동일한 방법으로 전자공여능을 측정하여 시료군과 비교하였다. 이들 측정값을 다음과 같은 계산식에 의해 DPPH radical 소거 활성을 계산하였다.

$$\text{EDA}(\%) = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A : 시료 첨가구의 흡광도

B : 시료 무첨가구의 흡광도

6) 아질산염 소거능 측정

아질산염(NaNO₂) 소거능은 Kato *et al*(1987) 방법으로 측정하였다. 즉, 1 mM NaNO₂ 용액 2 mL에 2 mg/mL 농도로 조제한 시료용액 1 mL를 가하고, 0.1 N HCl(pH 1.2), 0.2 M 구연산완충액(pH 3.0 및 pH 6.0)으로 각각 pH 1.2, 3.0 및 6.0으로 조정된 다음 반응액의 부피를 10 mL로 하였다. 이 용액을 37℃에서 1시간 반응시킨 후, 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL와 Griess 시약 0.4 mL를 가하여 잘 혼합하였다. 이 혼합액을 15분간 실온에서 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염을 구하였다. 대조구는 Griess시약 대신 증류수 0.4 mL를 가하여 동일하게 행

하였다. 아질산염 소거작용은 시료를 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율로 나타내었다.

$$N(\%) = 1 - \frac{A-B}{B} \times 100$$

N : 아질산염 소거능

A : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료를 첨가하여 1시간 반응후의 흡광도

B : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료 대신에 증류수를 첨가하여 1시간 반응후의 흡광도

C : 시료 추출물 자체의 흡광도

7) Hydroxyl radical 소거 활성 측정

Hydroxyl radical 소거 활성은 Chung *et al*(1997)의 방법에 따라 EDTA가 포함된 Fenton 반응계(Fe²⁺+H₂O₂ → HO·+HO-)에서 분석하였다. 즉, 10 mM FeSO₄·7H₂O 용액, 10 mM EDTA·2Na 용액, 10 mM 2-deoxyribose 용액을 각각 0.2 mL 혼합한 Fenton반응 혼합물에 1, 2 및 5 mg/mL의 시료용액 0.2 mL와 0.1 M phosphate buffer용액(pH 7.4) 1.2 mL를 넣어 총 용액 2.0 mL로 조제하였다. 여기에 10 mM H₂O₂ 용액 0.2 mL를 가하여 혼합한 후 37°C에서 1시간 반응시켰다. 다시 2.8% TCA(trichloroacetic acid) 시약 1.0 mL와 1% TBA(thiobarbituric acid) 1.0 mL를 가하여 끓는 물에서 10분간 반응시키고 실온에서 급냉한 후 532 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 hydroxyl radical 소거능은 아래의 식으로부터 구하였다.

$$\text{Hydroxy radical 소거능}(\%) = 1 - \frac{A_s - A_o}{A_c - A_o} \times 100$$

A_s : 시료 첨가구의 흡광도

A_c : 시료 무 첨가구의 흡광도

A_o : 37°C에서의 반응이 생략된 시약 혼합물의 흡광도

8) Paper disc법에 의한 항균성 측정

항균성은 paper disc법(Kim *et al* 2000)으로 측정하였으며, 사용된 균주는 대표적 식품유해세균으로 Gram 양성균인 *Bacillus cereus*, *Staphylococcus aureus*와 Gram 음성균인 *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*를 각각 사용하였다(Table 1). 실험은 우선 각 시험균주를 해당 액체배지에 24시간 전배양하고, 평판배지의 조제는 각각의 생육배지로 멸균된 1.5% agar를 살레에 20 mL씩 분주하여 응고시킨 후, 각 시험균액을 0.1 mL씩 첨가하여 멸균된 유리봉으로 배지위에 고르게 퍼지도록 도포하여 사용하였다. 야콘 추출물을 각각 일정 농

Table 1. List of strains and media used for antimicrobial experiments

Type	Strain	Media
Gram positive bacteria	<i>Bacillus cereus</i> KCCM 40935 <i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11335	Nutrient agar (Difco)
Gram negative bacteria	<i>Escherichia coli</i> KCCM 11234 <i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	Nutrient agar (Difco)

도로 주입한 paper disc(8 mm, Toyo Roshi Kaicha, Japan)를 평판배지 위에 흡착시키고, 멸균수 30 μL를 주입한 후 37°C에서 24시간 배양하여 paper disc 주변의 inhibition clear zone(8 mm; no inhibition, 8~9 mm; very slight inhibition, 9~10 mm; slight inhibition, 10~14 mm; moderate inhibition)의 직경(mm)을 측정하여 야콘추출물의 항균성을 비교분석하였다.

3. 통계 처리

실험 결과는 SAS package(release 8.01)를 이용하여 평균±표준편차로 표시하였고, 평균값의 통계적 유의성은 p<0.05 수준에서 Duncan's multiple range test에 의해 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 일반성분

본 연구에 사용한 야콘 분말의 일반성분은 Table 2와 같았다. 야콘분말 수분함량은 18.3%였으며, 조단백 4.0%, 조지방 0.8%, 탄수화물 57.5%, 조섬유 17.4% 그리고 조회분은 5.7%이었다.

2. 추출 수율

야콘 분말의 항산화성을 알아보기 위해 생리활성 성분을

Table 2. Approximate composition of the yacon powder

Items	Yacon powder (%)
Moisture	18.3±0.2 ¹⁾
Crude protein	4.0±0.2
Crude lipid	0.8±0.1
Carbohydrate	57.5±0.2
Crude fiber	17.4±0.2
Crude ash	5.7±0.1

¹⁾ Values are Mean±S.D.

Table 3. The extraction yields of yacon powder methanol and water extract

Classification	Extraction yields (%)
Methanol extracts	72.4±0.2 ¹⁾
Water extracts	5.7±0.2

¹⁾ Values are Mean±S.D. (n=3).

메탄올 및 물로 추출하였는데, Table 3과 같이 메탄올 추출 수율은 72.4%, 물 추출 수율은 5.7%로 메탄올 추출 수율이 더 높았다. 이러한 결과는 오디 분말의 메탄올 추출 수율은 74.2%, 물 추출 수율은 5.3%였다는 Kim & Kang(2012)의 연구와 빵잎 전처리조건에 따른 항산화능 연구(Kim HB 2005)에서 빵잎 물 추출보다 메탄올 및 에탄올 추출 수율이 더 높았다고 보고한 것과 같은 것이다. 그리고 돼지감자잎 추출물의 항산화 활성에 관한 연구(Kim *et al* 2011b)에서는 물 추출 수율 32.4%, 에탄올 추출 수율 26.6%로 유사한 반면, Rho SJ(2011)는 칩 분말의 물 추출 수율 38.3%, 메탄올 추출 수율 20.4%이라 하였고, Kim OS(2011)은 모시잎 분말의 물 추출 수율 22.5%, 메탄올 추출 수율 13.7%로 물 추출 수율이 더 높다고 하여 본 연구와 다른 결과를 보였는데, 이는 시료의 특성 및 추출 방법의 차이에 기인하는 것으로 사료된다.

3. 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량

일반적으로 하나 이상의 수산기로 치환된 방향족 환을 가지고 있는 식물성분을 페놀(phenol)성 화합물이라 하는데, 이들은 라디칼 생성 촉진물질과 쉽게 결합하여 유리 라디칼의 생성을 억제하므로 항산화 활성을 나타내며, 일반적으로 활성이 증가함에 따라 총 페놀 함량도 증가한다고 알려져 있다 (Choi *et al* 2006).

야콘의 항산화 효과를 알아보기 위하여 총 폴리페놀과 총 플라보노이드 함량을 측정하였는데, Fig. 1과 같이 메탄올로 추출한 야콘의 총 폴리페놀 함량은 38.5 mg/g, 총 플라보노이드 함량은 9.2 mg/g이었고, 물 추출물은 각각 24.0 mg/g, 7.8 mg/g으로 생리활성 성분이 함유되어 있음을 확인할 수 있었으며, 두 성분 모두 물보다 메탄올로 추출했을 때 함량이 더 많은 것으로 나타났다. Moon *et al*(2010)의 야콘 항산화성 연구에서 총 폴리페놀 함량은 에틸아세테이트 29.96 mg/g, 메탄올 11.74 mg/g, 부탄올 7.78 mg/g의 순으로 추출용매에 따른 변화를 보였으나, 물 추출물에서는 거의 측정되지 않았다고 하였고, Min *et al*(2008)의 야콘 추출물의 항산화 및 항암 활성 연구에서도 유기용매를 이용한 야콘 추출물이 물 추출물보다 총 페놀성 화합물 함량이 더 높았다고 보고하여 본 실험 결과와 유사하였다.

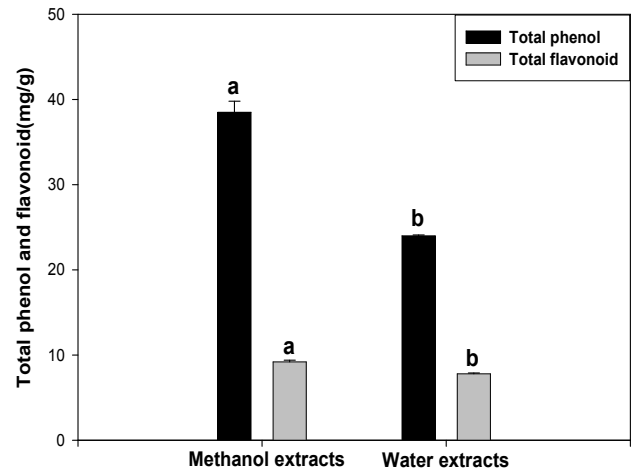


Fig. 1. Total phenol and flavonoid contents of yacon extracts

^{a,b} Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

4. 전자공여능

DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)는 비교적 안정한 자유 라디칼을 지닌 물질로 반응계에 전자를 공여하여 식품 중의 지질 산화를 억제하는 척도로 널리 사용되고 있다. 야콘 메탄올 추출물의 전자공여능(Fig. 2)은 0.1, 0.5 및 1.0 mg/mL 농도에서 각각 4.9, 8.8 및 12.1%로 추출물 농도가 높을수록 증가하여 전자공여능이 있음을 확인할 수 있었으나 그 값이 매우 적었고, 물 추출물도 같은 경향을 나타내어 전자공여능 효과는 거의 없는 것으로 나타났다. 그리고 1.0 mg/mL 농도에서 합성 항산화제인 butylated hydroxytoluene(BHT)의 전자공여능은 44.7%, 천연 항산화제인 ascorbic acid는 98.7%로 이들의 항산화 효과는 야콘 추출물보다 더 큰 것으로 나타났다. Moon *et al*(2010)도 야콘 메탄올 추출물의 전자공여능은 25.65, 물 추출물은 6.39 mg/mL로 물보다 메탄올에서 더 높다고 하였고, Lee *et al*(2009)도 야콘의 메탄올 추출이 물 추출에서 보다 더 높은 항산화 효과를 보였다고 한 바 있다. 이상에서 함량의 차이는 있지만 야콘은 전자공여능을 다소 가짐으로써 식품의 활성 라디칼들을 적절히 소거시켜 산화안정성을 도모할 가능성도 있음을 알 수 있었다.

5. 아질산염 소거능

아질산염은 강산성 조건에서 2급 및 3급 amine 그리고 그 amide와 nitroso화 반응을 하여 발암 물질로 알려진 nitrosoamine을 생성한다. Nitroso화 반응을 억제하기 위해서는 nitrosoamine 생성기질인 amine의 생성을 억제하거나 아질산염 소거능이 우수한 식품을 섭취함으로써 nitrosamine에 의한 암 유발 등 유해 물질생성을 예방할 수 있다. 본 연구에서 야

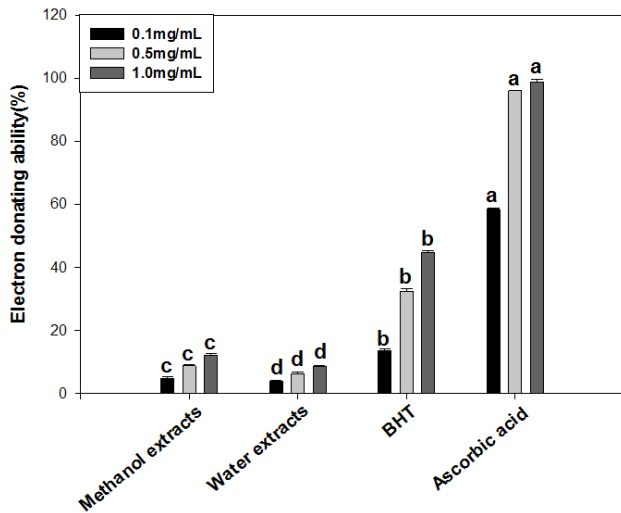


Fig. 2. Electron donating ability of yacon extracts, BHT and ascorbic acid.

^{a-d} Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

콘의 아질산염 소거능을 측정된 결과, Fig. 3과 같이 메탄올 추출물은 pH 1.2, 3.0 및 6.0에서 각각 13.1, 6.0 및 2.7%로 pH가 낮을수록 소거능이 증가하였고, 물 추출물은 6.8, 2.5, 및 1.9%로 메탄올 추출물보다 소거능이 작았으며, pH에 따라서는 메탄올 추출물과 같은 경향을 보였으나, 모든 추출물에서 아질산염 소거능의 활성은 약한 것으로 나타났다. Kim *et al*(2010a)도 pH 1.2 조건에서 야콘 물 추출물의 아질산염 소거능은 5.46%로 유기용매 추출물들과 비교했을 때 가장 작았다고 하여 본 연구 결과와 같았다.

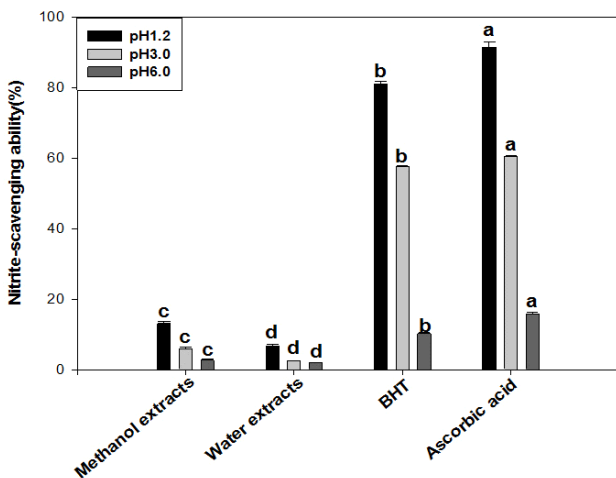


Fig. 3. Nitrite-scavenging ability of yacon extracts, BHT and ascorbic acid.

^{a-d} Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

6. Hydroxyl radical 소거 활성

세포나 유전자를 공격하여 DNA 손상 및 암유발 등과 밀접한 관련이 있는 산화력이 강한 활성산소인 hydroxyl radical의 소거 활성을 가진 천연 항산화제로는 페놀성 화합물, tocopherol, ascorbic acid, carotenoid, glutathione, 아미노산 등이 있다. 야콘의 hydroxyl radical 소거 활성을 측정된 결과, Fig. 4와 같이 1, 2 및 5 mg/mL 메탄올 추출물에서는 각각 22.3, 30.2 및 40.2%였고, 물 추출물에서는 각각 13.7, 23.6 및 34.7%로 추출물의 농도가 증가할수록, 또 물 추출보다는 메탄올 추출에서 소거 활성이 더 큰 것을 볼 수 있었다. 비교군인 ascorbic acid의 hydroxyl radical 소거 활성은 1, 2 및 5 mg/mL에서 각각 68.2, 86.2 및 97.0%로 야콘 추출물보다 더 큰 것으로 나타났다. Lee *et al*(2012c)은 환삼덩굴의 메탄올 추출물 2 mg/mL 농도에서 35%의 소거 활성을 가진다고 하였고, Park *et al*(2000)은 환삼덩굴 추출물의 50% 메탄올 분획물의 hydroxyl radical 소거 활성이 100% 메탄올, 물, 아세트 추출물과 토코페롤 및 BHA보다 더 크다고 하였으며, 또한 Kim & Kang(2012)도 오디의 물 추출물보다 메탄올 추출물에서 hydroxyl radical 소거 활성이 더 크지만, ascorbic acid 보다는 작다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 보였다.

7. Paper Disc 법에 의한 항균성 측정

천연 항균성을 나타내는 물질은 대부분 동식물의 구성 성분인 유기산, 정유, 페놀화합물 등 특징적인 성분으로 항산화 효과와 더불어 항균성으로 이어진다. 야콘의 항균성은 Table 4와 같이 메탄올 추출물 10,000 $\mu\text{g}/\text{disc}$ 농도의 *Baci*

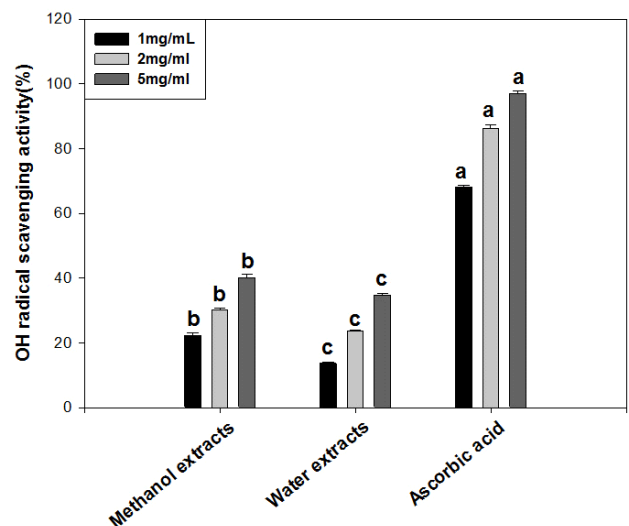


Fig. 4. Hydroxyl radical(OH) scavenging activity of yacon extracts and ascorbic acid.

^{a-c} Means with different letters on the same kind of bars are significantly different at $p < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

Table 4. Antimicrobial activity of yacon powder extracts

Microorganisms tested	Concentration ($\mu\text{g}/\text{disc}$)	Methanol extract (mm)	Water extract (mm)
<i>Bacillus cereus</i> KCCM 40935	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	±	-
	10,000	+	-
<i>Staphylococcus aureus</i> KCCM 11335	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	±	-
	10,000	++	-
<i>Escherichia coli</i> KCCM 11234	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	-	-
	10,000	-	-
<i>Salmonella enteritidis</i> KCCM 12021	1,000	-	-
	2,000	-	-
	5,000	-	-
	10,000	-	-

- No inhibition (8 mm).

± Very slight inhibition (8~9 mm).

+ Slight inhibition (9~10 mm).

++ Moderate inhibition (10~14 mm).

*illus cereus*와 *Staphylococcus aureus*에서 미약한 항균 활성을 보여 gram 양성균에 대하여 선택적으로 항균 활성을 나타냄을 확인하였다. 이는 울금과 강황의 항균성 연구(Kim *et al* 2011a)에서 gram 양성균에서만 활성을 나타내었고, 또 약용 식물의 메탄올 및 에탄올 추출물이 *B. subtilis* 및 *S. aureus*에 대하여 항균 활성을 보이고, *E. coli*에 대해서는 활성을 나타내지 않았다고 한 연구(Lee & Seo 2003) 등과 같은 결과이다. 또한 Kim YS(2005)은 야콘 열수 추출물과 농축물을 식중독에 영향을 주는 균주에 접종하여 항균 활성을 평가하였는데, 대부분의 균주에서 항균 활성을 나타냈다고 보고한 반면, 야콘을 첨가한 식품의 항균 활성 연구(Park *et al* 2012)에서 돈육 패티에 야콘 추출물을 첨가하였을 때 미생물 억제효과를 확인할 수 없었다고 보고하여 천연 항균물질의 활성은 시료 및 추출 방법과 식품 내 다른 물질과의 상호 작용 등에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다.

요약 및 결론

야콘의 항산화 활성을 탐색할 수 있는 다양한 분석과 항균 효과 실험을 통해 야콘의 식품 산업적 활용가치를 알아보 고자 하였다. 야콘 분말의 메탄올 추출 수율은 72.4%로 물 추출 수율의 5.7%보다 약 14배 정도 더 높았다. 메탄올로 추출한 야콘의 총 폴리페놀 함량은 38.5 mg/g, 총 플라보노이드 함량은 9.2 mg/g이었고, 물 추출물은 각각 24.0 mg/g, 7.8 mg/g으로 생리활성 성분이 함유되어 있음을 확인할 수 있었 으며, 두 성분 모두 물보다 메탄올로 추출했을 때 함량이 더 많은 것으로 나타났다. 야콘의 메탄올 추출물의 전자공여능 은 0.1, 0.5 및 1.0 mg/mL 농도에서 각각 4.9, 8.8 및 12.1%로 추출물 농도가 증가할수록, 아질산 소거능은 pH 1.2, 3.0 및 6.0에서 각각 13.1, 6.0 및 2.7%로 pH가 낮을수록 커지는 것 을 확인할 수 있었으나 그 활성이 미미한 것으로 나타났으 며, 비교구인 butylated hydroxytoluene(BHT)나 ascorbic acid 보다도 소거능이 낮았다. 또한 hydroxyl radical 소거 활성도 추출물의 농도가 증가할수록, 물 추출물보다 메탄올 추출물 에서 더 높았다. 그리고 야콘의 항균 효과 실험에서는 10,000 $\mu\text{g}/\text{disc}$ 농도의 메탄올 추출액에서 *Bacillus cereus*와 *Staphylococcus aureus*에 대해서만 적은 항균성이 확인되었다.

위의 결과로부터 야콘은 항산화 활성을 가진 기능성 소재임을 확인할 수 있었으며, 추출방법은 물보다 메탄올이 더 효과적임을 알 수 있었다. 야콘에 함유되어 있는 생리활성 물질과 다양한 항산화 효과를 토대로 이를 식품가공에 적극 활용한다면 야콘을 재배하는 농가의 수익증대와 식품산업에 의 활용가치 증진을 도모할 수 있을 것으로 사료된다.

문 헌

- AOAC (1995) Official methods of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC, USA. pp 69-74.
- Blois MS (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1200.
- Cazetta ML, Martins PM, Monti R, Contiero J (2005) Yacon (*Polymnia sonchifolia*) extract as a substrate to produce inulinase by *Kluyveromyces marxianus* var. *bulgaricus*. *J Food Eng* 66: 301-305.
- Choi NH, Choi SH, Lim SW, Park IS (2007) The effect of yacon(*Smallanthus sonchifolius*) extract against dibutyltin dichloride induced pancreatitis. *Korean J Ant* 40: 259-266.
- Choi SY, Kim SY, Hur JM, Choi HG, Sung NJ (2006) Antioxidant activity of solvent extracts from *Sargassum thunbergii*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 139-144.

- Chung SK, Osawa T, Kawakishi S (1997) Hydroxyl radical-scavenging effect of spice and scavenger from brown mustard(*Brassica nigra*). *Biosci Biotech Biochem* 61: 118-123.
- Doo HS, Kang CS, Ryu JH (2001) Induced mutation by gamma-ray irradiation on crown bud of yacon(*Polymnia sonchifolia* Poepping & Endlicher). *Korean J Breed* 33: 1-6.
- Folin O, Denis W (1912) On phosphotungstic-phosphomolybdenic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
- Kang YH, Park YK, Lee GD (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232-239.
- Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
- Kim AR, Lee JJ, Jung HO, Lee MY (2010a) Physicochemical composition and antioxidative effects of yacon(*Polymnia sonchifolia*). *J Life Sci* 20: 40-48.
- Kim AR, Lee JJ, Lee YM, Jung HO, Lee MY (2010b) Cholesterol-lowering and anti-obesity effects of *Polymnia sonchifolia* Poepp & Endl powder in rats fed a high fat-high cholesterol diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 210-218.
- Kim HB (2005) Anti-oxidative capacity analysis of water soluble substances according to varieties and maturity stages in mulberry leaves and fruits. *Korean J Seric Sci* 47: 62-67.
- Kim HJ, Lee JW, Kim YD (2011a) Antimicrobial activity and antioxidant effect of *Curcuma longa*, *Curcuma aromatica* and *Curcuma zedoaria*. *Korean J Food Preserv* 18: 219-225.
- Kim MS, Lee DC, Hong JE, Chang KS, Cho HY, Kwon YK, Kim HY (2000) Antimicrobial effects of ethanol extracts from Korean and Indonesian plants. *Korean J Food Sci Technol* 32: 949-958.
- Kim OS (2011) Quality characteristics of bakery products added with mosi leaf powder. *Ph D Dissertation* Sejong University, Seoul. pp 45-67.
- Kim SG, Kang KO (2012) Effects of extraction method on physiological activity and antibiosis of mulberry powder. *J East Asian Soc Dietary Life* 22: 392-400.
- Kim YS (2005) Antimicrobial activity of yacon k-23 and manufacture of functional yacon jam. *Korean J Food Sci Technol* 37: 1035-1039.
- Kim YS, Lee SJ, Hwang JW, Kim EH, Park PJ, Jeon BT (2011b) Antioxidant activity and protective effects of extracts from *Helianthus tuberosus* L. leaves on t-BHP induced oxidative stress in chang cells. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 40: 1525-1531.
- Kyrtopoulos SA (1989) N-nitroso compounds formation in human gastric juice. *Canc Surv* 8: 423-442.
- Lee CK, Seo JJ (2003) Antimicrobial activity of the aerial part of *Artemisia capillaris* extracts on the food born pathogens. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 2227-2232.
- Lee DH, Ji SH, Han WC, Lee JC, Kang SA, Jang KH (2012a) Evaluation of physicochemical properties and fermentation qualities of kimchi supplemented with yacon. *J East Asian Soc Dietary Life* 22: 408-413.
- Lee ES, Shim JY (2010) Quality characteristics of *sulgidduk* with yacon powder. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 545-551.
- Lee JH, Son SM (2011) Quality of sponge cakes incorporated with yacon powder. *Food Engineering Progress* 15: 269-275.
- Lee MK, Choi SR, Lee J, Choi YH, Lee JH, Park KU, Kwon SH, Seo KI (2012b) Quality characteristics and anti-diabetic effect of yacon vinegar. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 79-86.
- Lee SY, Yoo KM, Moon BK, Hwang IK (2010) A study on the development of vinegar beverage using yacon roots and analysis of components changes during the fermentation. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 95-103.
- Lee YR, Kim KY, Lee SH, Kim MY, Park HJ, Jeong HS (2012c) Antioxidant and antitumor activities of methanolic extracts from *Humulus japonicus*. *Korean J Food & Nutr* 25: 357-361.
- Lee YS, Ahn DS, Joo EY, Kim NW (2009) Antioxidative activities of *Syneilesis palmata* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1471-1477.
- Min KJ, Chen JU, Cha CG (2008) Anti oxidative and anti cancer activities of extracting of yacon. *J Fd Hyg Safety* 23: 163-168.
- Moon MJ, Yoo KM, Kang HJ, Hwang IK, Moon BK (2010) Antioxidative activity of yacon and changes in the quality characteristics of yacon pickles during storage. *Korean J Food Cookery Sci* 26: 263-271.
- Novel V (1984) The lost crops of the Incas. *Cereal* 17: 37-40.
- Park JS, Kim HS, Chin KB (2012) The antioxidant activity of yacon and its application to the pork patties as a natural antioxidant. *Korean J Food Sci Ani Resour* 32: 190-197.

- Park JS, Yang JS, Hwang BY, Yoo BK, Han J (2009) Hypoglycemic effect of yacon tuber extract and its constituent, chlorogenic acid, in streptozotocin in diabetic rats. *Biomolecules & Therapeutics* 17: 256-262.
- Park SW, Chung SK, Park JC (2000) Active oxygen scavenging activity of luteolin-7-O- β -D-glucoside isolated from *Humulus japonicus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 106-

110.

- Rho SJ (2011) Physiological effects and quality characteristics of bread and cake products with arrowroot powder. *Ph. D Dissertation* Sejong University, Seoul. pp 53-75.

접 수: 2012년 2월 18일
최종수정: 2013년 6월 25일
채 택: 2013년 6월 27일