

## 황 함유 채소 에탄올 추출물의 항산화 및 항균활성

김경희<sup>1</sup> · 김혜정<sup>1</sup> · 변명우<sup>2</sup> · 육홍선<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>충남대학교 식품영양학과  
<sup>2</sup>우송대학교 외식조리영양학부

### Antioxidant and Antimicrobial Activities of Ethanol Extract from Six Vegetables Containing Different Sulfur Compounds

Kyoung-Hee Kim<sup>1</sup>, Hye-Joung Kim<sup>1</sup>, Myung-Woo Byun<sup>2</sup>, and Hong-Sun Yook<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Food and Nutrition, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

<sup>2</sup>Dept. of Culinary Nutrition, Woosong University, Daejeon 300-718, Korea

#### Abstract

This study investigated the antioxidant activities, and antimicrobial activity *in vitro* of an 80% ethanol extract from garlic, daikon, leek, ginger, onion, and green onion, which are widely-used ingredients in Korean food that contain sulfur. The total polyphenol content in ginger and leek extracts showed a high value ( $233.63 \pm 4.59$  and  $220.98 \pm 10.56$  mg/g GAE) and onions, leeks, garlic, and daikon followed by with  $69.07 \pm 1.42$ ,  $68.83 \pm 2.11$ ,  $19.41 \pm 0.40$ ,  $19.05 \pm 0.32$  mg/g GAE, respectively. DPPH radical scavenging activity was highest with ginger extracts ( $1.57 \pm 0.15$  mg/mL as IC<sub>50</sub>) followed in order of decreasing activity by leeks, onions, daikon, green onions, and garlic. The results of ABTS radical scavenging activity and FRAP value showed higher antioxidant activity in extracts from ginger and leek. The order of vegetables with most to least prevalent ABTS radical scavenging activity was green onions, onions, garlic, and finally daikon. From greatest to least FRAP value, the relevant vegetables were green onions, onions, daikon, and garlic ( $p < 0.05$ ). Ginger extracts showed promise against seven strains of microbes: *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Lactobacillus plantarum*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*, and *Pseudomonas aeruginosa*. Garlic extracts (5 mg/disc) showed strong antimicrobial activity against *B. cereus* (22.3 mm) and *E. coli* (24.3 mm). Extracts of both onion and green onion showed antimicrobial activity against only *E. coli* (12.7 and 10.3 mm) and *B. cereus* (12.0 and 12.5 mm) at 10 mg/disc, and the inhibition zone diameter from extracts of garlic and leeks were 18.0 mm and 10.4 mm vs. *L. plantarum* at 10 mg/disc. This study showed positive antioxidant activities for ginger and leeks, and positive antimicrobial activities for leeks and garlic. These sulfur-containing vegetables are widely used in Korean food. Leeks especially could serve as a functional food preservative.

**Key words:** antioxidant, free radical, antimicrobial activities, sulfur compound vegetables

#### 서 론

최근 우리사회는 활성산소가 각종 성인병과 노화의 원인이 되고 있기 때문에 이를 주목하고 있다. 특히 노화와 관련되어 생체 대사과정 중 생성되는 superoxide anion radical의 경우 전자 환원으로 반응성과 파괴성이 매우 크며 세포와 조직에 해로운 독성을 일으켜 질병을 유발시키는 것으로 알려져 있다(1). 활성산소는 세포가 세포소기관에 손상을 초래하기도 하며 생체 내 여러 단백질의 아미노산을 산화시켜 단백질의 기능 저하를 초래한다(2,3). 또한 DNA에도 손상을 주는데 핵산 염기의 변형, 핵산 염기의 유리, 결합의 절단, 당의 산화분해 등을 초래하여 돌연변이나 암의 원인이 되기도 한다. 우리 몸에서 발생하는 질환 중에 90%가 활성산소

와 관련이 있다고 알려져 있는데 그중에 대표적인 것으로 암, 동맥경화, 당뇨병, 뇌졸중, 심근경색, 간염, 신장염, 아토피성 피부염, 파킨슨병 등이 있다(4-7). 따라서 항산화 물질을 함유한 천연 자원에 대한 관심이 증가되고 있고, 항산화 효과가 높으면서 안전하고 경제적인 식물기원의 천연 항산화제의 개발이 절실히 요구되고 있다(8). 한편 최근의 식습관 및 조리행위의 변화, 그리고 식품 공급의 세계화와 인구의 고령화 등이 식중독 발생 증가의 원인이 되고 있으며 그 독성 또한 강해지고, 치유할 수 있는 백신도 없는 경우가 생기고 있다(9). Kwun과 Lee(10)는 우리나라 식중독 발생 현황 고찰에서 식중독 환자 신고접수는 계속 늘어나고 있으며 발생 장소에 있어서도 집단 급식소에서 증가 추세를 보이고 있는 양상이라고 보고하였다. 학교 단체급식에는 한식(寒

\*Corresponding author. E-mail: yhsuny@cnu.ac.kr  
Phone: 82-42-821-6840, Fax: 82-42-821-8887

食) 메뉴가 주로 제공되고 있는데, 이때 황 함유 채소는 우리나라 전통 음식인 김치의 양념채소로 쓰이고 있을 뿐 아니라 다양한 종류의 한국음식에 국, 찌개, 반찬류 등의 재료로 광범위하게 이용되고 있다. 이렇게 한국 음식에서 부재료와 향신료로 많이 사용하고 있는 양파, 마늘, 파, 생강, 양배추, 겨자, 무, 부추, 계피, 박하, 고추냉이, 후추 등은 매운맛을 내는 황황화합물 식품이다. 황은 cysteine, methionine과 같은 황황 아미노산의 구성성분으로 단백질에 함유되어 있으며 생체의 여러 가지 유기화합물의 구성성분이다. 알려진 항산화제 중 많은 효소가 황과 같은 6족의 원소를 가지고 있으며 황함유 화합물은 그 원소의 화학적 특성상 원자가가 -2가 임으로 주로 화합물내에서 SH(thiol) 형태로, 때로는 S 형태(oxidation form)로 생체분자내에서 존재하여 생체의 대사과정중에 산화, 환원에 깊이 관여하여 radical에 의한 세포손상을 막을 수 있다(11). 실제로 N-acetyl-L-cysteine(NAC)은 cysteine으로 쉽게 탈아세틸화 되어 glutathione의 전구체로 쓰이며, glutathionedms SH 그룹이 존재하여 활성 산소인  $H_2O_2$ ,  $\cdot OH$ , HOCl 등을 환원시키므로 radical에 의한 손상을 억제한다(12). 황화합물은 생체 활력향상과 살균작용 물질, -2가 화학적 특이성에 의한 중금속 독성을 해독시키는데 이용되어져 왔으며, 또한 황화합물인 sulfoxide, disulfides, trisulfides 및 thiophenes는 지질의 양적인 저하(13), 항응혈작용 유발(14), 미생물 활동 억제(15) 등의 많은 대사작용에 관여하는 것으로 알려져 있다. Sulindac sulfide(SS)는 대장암세포 증식 억제 효과를 나타내며(16), 마늘, 양파에서의 지용성 유기황 화합물과 수용성 유기황 화합물은 화학적 발암 현상에 대한 억제력을 가지고 있다고 보고되었다(17).

따라서 본 연구에서는 황 함유 채소류 중 사용범위가 넓은 마늘, 무, 부추, 생강, 양파, 파의 항산화활성과 식중독의 원인균으로 밝혀진 균주를 바탕으로 선정된 균주들에 대한 항균활성을 평가 및 분석하여 6가지 황 함유 채소들이 식중독 원인균과 항산화에 미치는 영향을 알아보고자 한다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험에 사용된 재료 중 생강과 무는 충남 서천군 판교면 농가에서 11월에 제공받아 사용하였고 나머지는 대전에 위치한 중앙시장에서 11월 25일 구입하였으며(원산지: 마늘-경북 의성군, 양파-경남 창녕군, 파-전남 보성군, 부추-경남 의령군), 모든 재료는 구입 및 제공받은 후 10일 이내에 사용하였다. 모든 재료는 박피 후 수돗물로 2~3회 수세하여 거르로 물기를 제거한 뒤 각각의 재료 1.5 kg을 분쇄기(Hanil electric, Seoul, Korea)로 분쇄하여 실험에 사용하였다. 분쇄한 6종류의 재료중량 대비, 2배량(w/v)의 80% ethanol을 가하여 실온에서 자동 교반기를 이용하여 24시간

교반하여 1차 추출하였고 같은 방법으로 3회 추출한 다음, 추출액은 여과지(Whatman No.4, Maidstone, England)로 여과하였다. 여액을 39°C 수욕상에서 rotary vacuum evaporator (EYELA A-1000S, Tokyo Rikakikai Co., Tokyo, Japan)로 용매를 제거하고 감압·농축한 후 동결 건조하여 4°C 이하로 냉장보관하면서 실험에 사용하였다.

### 총 폴리페놀 함량

폴리페놀 화합물 함량은 페놀성 물질인 phosphomolybdic acid와 반응하여 청색을 나타내는 원리를 이용한 Folin-Denis 방법(18)을 이용하여 측정하였다. 10 mg/mL 농도로 methanol에 용해시킨 시료액 0.2 mL와 Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma, St. Louis, MO, USA) 0.2 mL를 첨가하여 혼합한 후 3분간 실온에서 반응시킨 뒤, 10% sodium carbonate( $Na_2CO_3$ ) 용액 3 mL를 가하여 암실에서 1시간 동안 방치하여 상등액을 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid(Sigma)를 이용하여 표준곡선을 작성한 후 이 검량곡선으로부터 시료중의 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

### DPPH radical 소거능 측정

항산화활성은 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma)를 이용하여 시료의 라디칼 소거효과(radical scavenging effect)를 측정하는 Blois법(19)을 활용하였다. 각 분획물을 농도별 0.3~100 mg/mL로 제조한 시료 0.2 mL에 0.2 mM DPPH 0.6 mL를 가하고 vortex mixer를 사용하여 실온에서 15분간 반응시킨 후 분광광도계를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하여 DPPH의 환원에 의한 흡광도 감소를 조사하였다. 무처리구와 처리구의 값을 비교하여 free radical 소거활성을 결정하였다. 이때  $IC_{50}$ (mg/mL)은 추출물을 첨가하지 않은 대조군의 값을 50% 감소시키는 추출물의 농도를 나타냈으며, 기존의 항산화제인 ascorbic acid를 대조구로 사용하여 비교하였다.

### ABTS radical scavenging activity 측정

ABTS radical scavenging activity의 측정은 Pellegrin 등(20)의 방법에 의해 측정하였다. 즉, 7 mM ABTS와 140 mM  $K_2S_2O_8$ 을 5 mL:88  $\mu$ L로 섞어 어두운 곳에 14~16시간 방치시킨 후, 이를 absolute ethanol과 1:88비율로 섞어 734 nm에서 대조구의 흡광도 값이  $0.7 \pm 0.002$ 가 되도록 조절한 ABTS solution을 사용하였다. 500  $\mu$ g/mL 농도의 시료용액 50  $\mu$ L와 ABTS solution 1 mL를 30초 동안 섞은 후 2.5분간 incubation하여 734 nm에서 흡광도를 측정하여 아래의 식에 의해 저해율을 계산하였다.

$$\text{Radical scavenging activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{반응구의 흡광도}}{\text{대조구의 흡광도}}\right) \times 100$$

### FRAP(Ferric-reducing antioxidant potential) 측정

FRAP 측정 방법은 Benzie와 Strain(21)의 방법을 참고하여 측정하였다. FRAP reagent는 25 mL acetate buffer(300

Table 1. List of strains used for antimicrobial experiments

|                        | Strains                        | Media                              | Temp. (°C) |
|------------------------|--------------------------------|------------------------------------|------------|
| Gram positive bacteria | <i>Bacillus cereus</i>         | NA <sup>1)</sup> /NB <sup>2)</sup> | 30         |
|                        | <i>Bacillus subtilis</i>       | NA/NB                              | 30         |
|                        | <i>Staphylococcus aureus</i>   | NA/NB                              | 30         |
|                        | <i>Lactobacillus plantarum</i> | LA <sup>3)</sup> /LB <sup>4)</sup> | 37         |
| Gram negative bacteria | <i>Escherichia coli</i>        | NA/NB                              | 30         |
|                        | <i>Salmonella Enterica</i>     | NA/NB                              | 37         |
|                        | <i>Pseudomonas aeruginosa</i>  | NA/NB                              | 37         |

<sup>1)</sup>NA: Nutrient agar. <sup>2)</sup>NB: Nutrient broth.

<sup>3)</sup>LA=Lactobacilli MRS Agar (Difco, Franklin Lakes, NJ, USA). <sup>4)</sup>LB=Lactobacilli MRS Broth (Difco).

mM, pH 3.6)를 37°C에서 가온한 후, 40 mM HCl에 용해한 10 mM 2,4,6-tris(2-pyridyl)-s-triazine(TPTZ, Sigma) 5 mL과 20 mM ferric sulfate(FeSO<sub>4</sub>) 2.5 mL을 가하여 제조하였다. 제조된 0.9 mL FRAP reagent에 1 mg/mL의 농도로 용해시킨 시료 각각의 분획물 0.03 mL와 증류수 0.09 mL를 넣은 다음 37°C에서 10분간 반응시킨 후, 593 nm에서 spectrophotometer를 이용하여 흡광도를 측정하였다. Blank는 시료 대신 메탄올을 넣어 측정하였다. Ascorbic acid를 1 mg/mL 농도로 제조하여 대조군으로 사용하였고, 0.025, 0.05, 0.1, 0.2 및 0.5 mM의 농도로 반복하여 작성한 FeSO<sub>4</sub>의 검량식에 대입하여 환산하였다.

#### Disc diffusion assay에 의한 항균활성 측정

각 추출물의 항균활성은 각 균주를 대상으로 disc diffusion assay로 측정하였으며, 측정에 사용된 균주는 *Bacillus cereus*(*B. cereus*) KCTC 1012, *Bacillus subtilis*(*B. subtilis*) KCTC1022, *Staphylococcus aureus*(*S. aureus*) KCTC 3881, *Lactobacillus plantarum*(*L. plantarum*) KCTC 3014 과 같은 Gram 양성 세균과 *Escherichia coli*(*E. coli*) KCTC 2441, *Salmonella enterica*(*S. enterica*) KCTC 1925, *Pseudomonas aeruginosa*(*P. aeruginosa*) KCTC 1636과 같은 Gram 음성 세균으로 총 7종을 한국생명공학연구원에서 분양받아 사용하였고 사용된 배지 조건은 Table 1과 같다. 항균시험용 평판배지는 계대 배양된 각 균주를 멸균 면봉을 이용하여 100 µL씩 도말하여 준비하였고, 시료를 disc당 5 및 10 mg이 되도록 paper disc(8 mm)에 천천히 흡수시킨 뒤 건조과정을 거쳐 용매를 휘발시킨 후 평판배지 위에 밀착시킨 상태로 30~37°C에서 24시간 배양한 후 disc 주변에 생성된 저해환(clear zone, mm)을 측정하여 항균활성을 비교하였다.

#### 통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 실시하였으며, 얻어진 결과들은 SPSS 14.0(Statistical Package for Social, SPSS Inc., Chicago IL, USA) software를 이용하여 유의적 차이가 있는 항목에 대해서 Duncan's multiple range test로 p<0.05 수준에서 유의차 검정을 실시하였다.

## 결과 및 고찰

### 황 함유 채소 80% 에탄올 추출물의 수율

황 함유 채소의 항산화 효과 및 항균효과를 알아보기 위해 시료를 수세하여 분쇄하고, 80% ethanol에서 추출하여 감압 농축한 후 고형분 함량을 추출수율(%)로 계산한 결과는 Table 2와 같다. 6종류의 황 함유 채소의 추출 수율은 마늘(10.12%)>양파(7.40%)>파(5.60%)>생강(4.59%)>무(4.32%)>부추(2.33%) 순으로 마늘이 가장 높은 추출수율을 나타내었고 부추가 가장 낮은 추출수율을 나타내었다. 실험에 사용된 황 함유 채소류들은 대부분 수분함량이 80~90% 이상이기 때문에 추출 수율이 10% 이하의 낮은 수율을 보인 것으로 여겨지며, 다른 채소 추출물의 추출수율은 메탄올 용매에 허브를 추출하여 얻은 추출물의 수율은 10.14~41.23%로 황 함유 채소보다 높은 수율을 나타내었고(22), 12가지 쌈채소를 에탄올 용매에 추출하여 얻은 추출물의 수율은 Ornamental kale을 제외하고 모두 5% 이하의 낮은 수율을 나타내었다고 보고하고 있다(23).

### 총 폴리페놀 함량

황 함유 채소류의 총 폴리페놀 함량을 gallic acid를 표준 용액으로 하여 작성한 표준곡선으로부터 조사하여 Table 3에 나타내었다. 황 함유 채소류의 총 폴리페놀 함량은 19.05

Table 2. Extraction yield of 80% ethanol extract from six vegetables containing sulfur compounds

| Sample                                                         | Yield                             |                         |
|----------------------------------------------------------------|-----------------------------------|-------------------------|
|                                                                | Weight of 80% ethanol extract (g) | Yield (%) <sup>1)</sup> |
| <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel (leek) | 151.84                            | 10.12                   |
| <i>Allium cepa</i> L. (onion)                                  | 111.02                            | 7.40                    |
| <i>Allium fistulosum</i> L. (green onion)                      | 83.99                             | 5.60                    |
| <i>Zingiber officinale</i> Roscoe (ginger)                     | 68.85                             | 4.59                    |
| <i>Raphanus sativus</i> L. (daikon, white radish)              | 64.85                             | 4.32                    |
| <i>Allium tuberosum</i> Rottler (garlic)                       | 34.92                             | 2.33                    |

<sup>1)</sup>Yield (%)=[weight of 80% ethanol extract/ weight of sample (1,500 g)]×100

Table 3. Total polyphenol contents and DPPH radical scavenging activity of 80% ethanol extract from six vegetables containing sulfur compounds

| Sample                                                  | Polyphenol contents (mg/g GAE <sup>1)</sup> ) | DPPH radical scavenging activity (mg/mL) <sup>4)</sup> |
|---------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | 19.41±0.40 <sup>2)(d3)</sup>                  | 75.38±3.81 <sup>a</sup>                                |
| <i>Allium cepa</i> L.                                   | 69.07±1.42 <sup>c</sup>                       | 28.04±0.33 <sup>c</sup>                                |
| <i>Allium fistulosum</i> L.                             | 68.83±2.11 <sup>c</sup>                       | 32.08±0.36 <sup>b</sup>                                |
| <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | 233.63±4.59 <sup>a</sup>                      | 1.57±0.15 <sup>c</sup>                                 |
| <i>Raphanus sativus</i> L.                              | 19.05±3.32 <sup>d</sup>                       | 31.59±0.28 <sup>b</sup>                                |
| <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 220.98±10.56 <sup>b</sup>                     | 7.82±0.14 <sup>d</sup>                                 |

<sup>1)</sup>GAE: gallic acid equivalents.

<sup>2)</sup>Values are mean±SD (n=6).

<sup>3)</sup>Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

<sup>4)</sup>Amount required for 50% reduction of hydrogen donating activity.

~233.63 mg/g 범위로 무의 총 폴리페놀 함량이 19.05±3.32 mg/g으로 가장 낮게 나타났고, 가장 높은 폴리페놀 함량을 나타낸 것은 생강 233.63±4.59 mg/g으로 무보다 약 12배 높게 나타났다. 생강에 이어 부추 220.98±10.56, 양파 69.07±1.42, 파 68.83±2.11, 마늘 19.41±0.40, 무 19.05±3.32 mg/g 순으로 페놀함량을 나타냈으며 양파와 파, 마늘과 무의 유의적 수준이 같게 나타났다. Lee 등(24)은 무 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량을 27.90 mg/100 g으로 보고하였고, Yang 등(25)은 양파과의 Shallots의 총 phenolic 함량이 10.0±114.7 mg/100 g이라고 보고하였으며 Bae와 Kim(26)은 생강 80% 에탄올 추출물의 총 페놀 화합물 함량이 66.4±0.5 mg/g이라고 보고하고 있어, 본 실험의 결과와 차이가 있으나 폴리페놀 함량은 시료의 품종, 숙성시기, 껍질색깔 등의 요인에 따라 함량에 큰 차이를 나타내며 이는 Folin-Denis 시약을 이용할 때 실험절차, 표준물질, 추출방법, 사용된 시료 등이 다르기 때문에 각 결과 간의 차이가 크다고 보고되고 있다(27).

#### DPPH radical 소거활성

Free radical은 생물학적 손상의 주요 요인으로 잘 알려져 있는데, DPPH는 천연 항산화제의 free radical 소거활성을 평가하는데 일반적으로 사용된다(28). DPPH radical 소거활성은 검체 농도에 따른 항산화 활성 변화 곡선으로부터 산화를 50% 억제시키는 농도인 IC<sub>50</sub>으로 나타내었으며, 마늘, 양파, 파, 생강, 무, 부추의 80% ethanol 추출물의 DPPH radical 소거능을 측정된 결과는 Table 3과 같다. 생강의 IC<sub>50</sub> 값은 1.57±0.15 mg/mL로 가장 높은 항산화 활성을 나타내었고 그 뒤로 부추가 7.82±0.14 mg/mL로 높은 항산화 활성을 나타내었다. 무와 파는 각각 31.59±0.28 및 32.08±0.36 mg/mL를 나타내었고 두 시료간에 유의적 차이를 나타내지 않았다. 마늘은 75.38±3.81 mg/mL로 가장 낮은 항산화 활성을 나타내었다. Lim(29)은 채소류 추출물의 항산화 효과를 평가하기 위해 DMSO 10 µL와 DMSO에 녹여 농도별로

희석한 시료 10 µL에 DPPH/ethanol 190 µL를 가하여 13종류의 채소류에 대해 DPPH 라디칼 소거활성을 측정된 결과 저해율이 생강(87.2%), 쑥(85.5%), 쑥갓(78.8%), 돌미나리(73.6%), 우엉(70.5%), 취나물(51.5%), 돈나물(51.1%)의 순으로 나타나 본 연구와 유사하게 생강의 항산화 활성이 좋은 것으로 나타났으며, Lee 등(27)은 무 에탄올 추출물의 DPPH 라디칼 소거능의 IC<sub>50</sub>이 34.93 mg/mL로 보고하고 있어 역시 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다. Kang 등(30)은 전자공여능이 phenolic acid와 flavonoid 및 기타 페놀성 물질에 대한 항산화 작용의 지표로서, 이 물질들은 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 하였다. 따라서 황 함유 채소들 중 생강, 부추의 높은 DPPH 라디칼 소거능은 페놀성 화합물과 서로 밀접한 관계가 있는 것으로 여겨지며 생강의 경우, 항산화 활성은 6-gingerol 등의 gingerol류 화합물, shogaol류 및 phebolic ketone류와 같은 페놀성 화합물이 관여할 가능성이 시사하고 있다(26).

#### ABTS radical scavenging activity

ABTS 라디칼 소거능은 항산화제의 유무를 확인하는 것으로 radical을 생성하는 ABTS 존재시 hydorgen peroxide와 metmyoglobin의 활성을 토대로 보다 빠른 항산화 반응을 일으켜 myoglobin radical을 감소시키는 기전이라고 할 수 있다(31). 황 함유 채소들을 10 mg/mL 농도에서의 ABTS 라디칼 소거능을 측정된 결과는 Table 4에 나타내었다. 앞선 총 폴리페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능에서 나온 결과와 마찬가지로 생강이 85.94±0.08%로 가장 높은 항산화능을 나타내었고 무는 19.30±0.35%로 가장 낮은 항산화능을 나타내었다. 전체적으로 생강(85.94±0.08%)>부추(74.36±0.59%)>파(33.17±0.08%)>양파(31.03±0.33%)>마늘(21.06±0.08%)>무(19.30±0.35%) 순으로 ABTS 라디칼 소거능이 높은 것으로 나타났다. Bae와 Kim(26)은 생강 80% 에탄올 추출물의 ABTS 라디칼 소거활성은 62.5 µg/mL의 시험 농도에서 59.8±1.8%의 소거활성을 나타내었다고 보고하여 본 실험의 결과보다 높은 항산화 활성을 나타내었는데 이리

Table 4. ABTS radical scavenging activity and FRAP (ferric reducing antioxidant potential) of 80% ethanol extract from six vegetables containing sulfur compounds

| Sample                                                  | ABTS radical scavenging activity (%) | FRAP value (mM)        |
|---------------------------------------------------------|--------------------------------------|------------------------|
| Ascorbic acid                                           | 99.46±0.31 <sup>1)(a2)</sup>         | 6.63±0.01 <sup>a</sup> |
| <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | 21.06±0.08 <sup>f</sup>              | 0.06±0.01 <sup>g</sup> |
| <i>Allium cepa</i> L.                                   | 31.03±0.33 <sup>e</sup>              | 0.25±0.03 <sup>e</sup> |
| <i>Allium fistulosum</i> L.                             | 34.17±0.08 <sup>d</sup>              | 0.30±0.02 <sup>d</sup> |
| <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | 85.94±0.08 <sup>b</sup>              | 2.84±0.05 <sup>b</sup> |
| <i>Raphanus sativus</i> L.                              | 19.30±0.35 <sup>e</sup>              | 0.14±0.00 <sup>f</sup> |
| <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 74.36±0.59 <sup>c</sup>              | 1.65±0.03 <sup>e</sup> |

<sup>1)</sup>Values are mean±SD (n=6).

<sup>2)</sup>Values with different letters within a column differ significantly (p<0.05).

한 차이는 사용된 시료의 품종 및 전처리 방법의 차이 때문 일 것으로 여겨진다.

#### FRAP(Ferric-reducing antioxidant potential) 측정

FRAP value의 측정은 비교적 최근에 개발된 총 항산화능 을 측정하는 방법(21)으로 낮은 pH에서 환원제에 의해 fer-ric tripyridyltriazine( $Fe^{3+}$ -TPTZ) 복합체가 파란색의 fer-rous tripyridyltriazine( $Fe^{2+}$ -TPTZ)으로 환원되는 원리를 이용한 것으로 대부분의 항산화제가 환원력을 가지고 있다 는 점에 착안하여 고안되어진 방법으로 생체 주요 항산화제 인 글루타치온에 반응하지 않는 치명적인 약점을 가지고 있

지만, 식이의 페놀 함량과 FRAP 값으로 측정된 항산화효과 의 사이에서 높은 상관관계( $r=0.956$ ,  $p<0.001$ )를 나타내어 FRAP법도 식품의 항산화효과를 측정하는 유용한 방법이 될 수 있다(32). 실험 결과 생강의 FRAP value가  $2.84\pm 0.05$  mM로 가장 높았으며, 부추( $1.65\pm 0.03$  mM)>파( $0.30\pm 0.02$  mM)>양파( $0.25\pm 0.03$  mM)>무( $0.14\pm 0.00$  mM)>마늘( $0.06\pm 0.01$  mM) 순으로 나타났고, 대조군인 ascorbic acid는  $6.63\pm 0.01$  mM의 FRAP value를 나타내었다(Table 4). 6종 류의 황 함유 채소들의 FRAP value는 총 폴리페놀 함량 및 DPPH 라디칼 소거활성은 비슷한 경향을 나타내었는데,

Table 5. Antibacterial activities of 80% ethanol extract from six vegetables containing sulfur compounds

| Microorganisms       | Size of clear zone (mm)                                 |                         |      |
|----------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|------|
|                      | Six different sulfur compound vegetables                | Concentration (mg/disc) |      |
|                      |                                                         | 5                       | 10   |
| <i>B. cereus</i>     | <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | 22.3                    | 31.3 |
|                      | <i>Allium cepa</i> L.                                   | 1.7                     | 12.0 |
|                      | <i>Allium fistulosum</i> L.                             | 11.0                    | 12.5 |
|                      | <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | - <sup>1)</sup>         | -    |
|                      | <i>Raphanus sativus</i> L.                              | -                       | -    |
|                      | <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 10.8                    | 17.7 |
| <i>B. subtilis</i>   | <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | -                       | -    |
|                      | <i>Allium cepa</i> L.                                   | -                       | -    |
|                      | <i>Allium fistulosum</i> L.                             | -                       | -    |
|                      | <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | -                       | -    |
|                      | <i>Raphanus sativus</i> L.                              | -                       | -    |
|                      | <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 10.7                    | 17.7 |
| <i>S. aureus</i>     | <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | -                       | -    |
|                      | <i>Allium cepa</i> L.                                   | -                       | -    |
|                      | <i>Allium fistulosum</i> L.                             | -                       | -    |
|                      | <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | -                       | -    |
|                      | <i>Raphanus sativus</i> L.                              | -                       | -    |
|                      | <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 10.5                    | 19.3 |
| <i>E. coli</i>       | <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | 24.3                    | 30.0 |
|                      | <i>Allium cepa</i> L.                                   | -                       | 12.7 |
|                      | <i>Allium fistulosum</i> L.                             | -                       | 10.3 |
|                      | <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | -                       | -    |
|                      | <i>Raphanus sativus</i> L.                              | -                       | -    |
|                      | <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 14.3                    | 19.3 |
| <i>L. plantarum</i>  | <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | 9.5                     | 18.0 |
|                      | <i>Allium cepa</i> L.                                   | -                       | -    |
|                      | <i>Allium fistulosum</i> L.                             | -                       | -    |
|                      | <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | -                       | -    |
|                      | <i>Raphanus sativus</i> L.                              | -                       | -    |
|                      | <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | -                       | 10.4 |
| <i>S. Enterica</i>   | <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | -                       | 10.0 |
|                      | <i>Allium cepa</i> L.                                   | -                       | -    |
|                      | <i>Allium fistulosum</i> L.                             | -                       | -    |
|                      | <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | -                       | -    |
|                      | <i>Raphanus sativus</i> L.                              | -                       | -    |
|                      | <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 15.0                    | 23.0 |
| <i>P. aeruginosa</i> | <i>Allium scorodorpasum</i> var. <i>viviparum</i> Regel | 9.0                     | 10.0 |
|                      | <i>Allium cepa</i> L.                                   | -                       | -    |
|                      | <i>Allium fistulosum</i> L.                             | -                       | -    |
|                      | <i>Zingiber officinale</i> Roscoe                       | -                       | -    |
|                      | <i>Raphanus sativus</i> L.                              | -                       | -    |
|                      | <i>Allium tuberosum</i> Rottler                         | 12.2                    | 21.0 |

<sup>1)</sup>Not detected.

이는 총 페놀함량과 FRAP values는 높은 상관관계가 있다는 Sachez-Gonzalez 등(33)의 보고와 유사한 결과이며, 부추의 FRAP values와 DPPH 라디칼 소거능이 상관계수 0.992 ( $p < 0.001$ )로 높은 상관관계에 있다는 Moon 등(32)의 보고와도 유사한 결과이다.

#### Disc diffusion assay에 의한 항균활성

황 함유 채소의 추출물에 대한 항균활성을 *B. cereus*, *B. subtilis*, *S. aureus*, *L. plantarum*과 같은 4종의 Gram 양성 세균과 *E. coli*, *S. Typhimurium*, *P. aeruginosa*와 같은 3종의 Gram 음성 세균으로 구성된 총 6종의 세균에 대하여 disc 확산법으로 실시한 결과는 Table 5와 같다. 부추 추출물은 모든 균에 대해 clear zone을 형성하였으며 *L. plantarum* 균종을 제외한 모든 균종에 대해 농도가 높아짐에 따라 clear zone이 넓게 측정되었다. Ahn 등(34)은 품종별 부추 0.1% 에탄올 추출물의 항균활성 측정결과 *Staphylococcus aureus*, *B. cereus*, *Listeria monocytogenes*, *E. coli*, *S. Typhimurium*, *P. aeruginosa*에 대해 항균력을 나타내었고 특히 *P. aeruginosa*에 대해 높은 항균효과를 보여주었다고 보고하고 있다. 마늘의 경우 *B. subtilis* 및 *S. aureus*에 대해 항균활성을 보이지 않았으나 *E. coli*와 *B. cereus* 균주에 대해서는 특히 우수한 항균활성을 나타내었다.

김치발효에 관여하는 젖산균인 *L. plantarum*에 대해 부추에 비해 마늘에서 높은 항균력을 나타내었으며 이러한 결과는 Kim과 Park(35)이 김치재료에 주로 관여하는 젖산균인 *Lactobacillus mesenteroides*에 대해 마늘이 부추에 비해 높은 항균력을 나타낸다는 결과와 유사한 결과이다. Lee 등(36)은 부추와 마늘의 생즙과 가루의 항균활성은 농도의존적으로 증가되어지며 Gram 음성균인 *E. coli* 및 *S. enteritidis*보다 Gram 양성균인 *Sta. aureus*에 대한 항균력이 높았으며, 부추와 마늘생즙, 부추와 마늘가루의 혼합비율에 따른 항균성의 변화는 마늘비율의 증가에 따른 효과가 나타날 뿐, 시료간 혼합에 따른 상승효과는 나타나지 않았다고 보고하였다. Hong 등(37)은 부추에서 항균활성을 나타내는 물질은 cis-propenyl methyl disulfide, S-methyl methylthiosulphonate, dimethyl disulfide 등의 황화합물로 구성된 복합물질로 보고하고 있다.

파와 양파는 *B. cereus* 및 *E. coli* 균주에 대해 항균활성을 나타내었으나 *E. coli* 균에서는 5 mg/disc 농도에서 항균활성을 보이지 않았다. 한편 생강과 무의 경우 실험에 사용한 균주에 대해 항균활성을 나타내지 않았다. 반면 Son(38)은 생강 추출물이 5000 µg/disc 농도에서 Gram 양성균인 *B. cereus*에 대해 강한 항균력을 나타내었으며, 양파 메탄올 추출물은 *B. cereus*, *S. aureus*, *E. coli*와 *S. enteritidis* 균주에 대해 항균효과를 보이지 않았다고 보고하고 있어 본 연구의 결과와 차이를 나타내었으며 이러한 차이는 사용된 시료의 품종 및 시료 전처리 방법의 차이나 항균실험에 사용된 균주의 변이 등에 의한 것으로 여겨진다.

Sohn 등(39)은 대파로부터 fistulosides의 분리와 분리물질의 항진균 활성에 관한 연구에서 대파 식용부위에서 항진균 물질인 steroidal saponins(fistuloside A, B, C)을 분리하여, fistuloside A, C의 경우 항진균성이 강하게 있다고 밝힌바 있다. Jung 등(40)은 무의 줄기와 뿌리부위에 *E. coli*와 *B. subtilis*에 대한 항균력이 없다는 보고를 하였고, Park과 Kyung(41)은 무의 젖산균 증식촉진 물질과 촉진작용에 관한 연구에서 무의 성분 중에는 젖산균 증식을 촉진시키는 것이 있는데 이 활성물질의 본질이 규명되지는 않았으나 황의 함유량이 특히 높게 분석된다고 보고한 바 있어 무의 경우 젖산균을 증식시키는 성분이 있으며, 항균력은 가지지 않은 것으로 여겨진다.

## 요 약

본 연구는 황 함유 채소류 중 사용범위가 넓은 마늘, 무, 부추, 생강, 양파, 파를 80% 에탄올에 추출하여 항산화 및 항균효과에 대해 평가하였다. 추출 수율은 2.33~10.12%를 나타내었으며, 총 폴리페놀 함량은 생강이 233.63±4.59, 부추가 220.98±10.56 mg/g GAE로 높은 함량을 나타내었고, 양파, 파, 마늘, 무 순으로 69.07±1.42, 68.83±2.11, 19.41±0.40, 19.05±03.32 mg/g GAE의 함량을 나타내었다. DPPH radical 소거활성을 측정된 결과, 생강의 IC<sub>50</sub> 값이 1.57±0.15 mg/mL로 가장 높았으며, 이어 부추>양파>무>파>마늘의 순이었다. ABTS 라디칼 소거활성 및 FRAP value의 측정 결과 역시 생강 및 부추 추출물에서 높은 항산화활성을 나타내었으며 ABTS 라디칼 소거활성의 경우 파>양파>마늘>무, FRAP value의 경우 파>양파>무>마늘의 순으로 항산화활성을 나타내었다. 항산화 활성 측정결과 전체적으로 생강에서 가장 높은 항산화활성을 나타내었다. 항균활성 측정결과, 부추의 경우 실험에 사용된 7가지 균주에 대해 모두 항균활성을 가지고 있는 것으로 나타났으며, 마늘의 경우(5 mg/disc), *B. cereus*(22.3 mm) 및 *E. coli*(24.3 mm)에 대해 높은 항균활성을 나타내었다. 양파와 파는 10 mg/disc 농도에서 *E. coli*(12.7 및 10.3 mm)와 *B. cereus*(12.0 및 12.5 mm) 균주에 대해서만 항균력을 나타내었고, *L. plantarum* 균주(10 mg/disc)에 대해서는 마늘(18.0 mm)과 부추(10.4 mm)가 항균활성을 나타내었다. 본 연구결과, 다양한 한국음식에 광범위하게 이용되는 황 함유채소류 중 생강 및 부추는 항산화 활성이, 부추 및 마늘은 항균력이 높아 특히 부추의 경우 식품 첨가물 및 식품 보존제로서도 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

## 문 헌

- Halliwell B, Gutteridge JMC. 1989. *Free Radicals in Biology and Medicine*. Oxford University, NY, USA. p 398-401.
- Farinati F, Cardin R, Degan P, Rugge M, Mario FD,

- Bonvicini P, Naccarato R. 1998. Oxidative DNA damage accumulation in gastric carcinogenesis. *Gut* 42: 351-356.
3. Cooked MS, Mistry N, Wood C, Hebert KE, Lunce J. 1997. Immunogenicity of DNA damaged by ROS—implications for anti-DNA antibodies in lupus. *Free Radic Biol Med* 22: 151-159.
  4. Darely-Umsner V, Halliwell B. 1996. Blood radicals; reactive nitrogen species, reactive oxygen species, transition metal ions and the vascular system. *Pharm Res* 13: 649-662.
  5. Parthasarathy S, Steinberg D, Witztum JL. 1992. The role of oxidized LDL in the pathogenesis of atherosclerosis. *Ann Rev Med* 43: 219-225.
  6. Laurindo FR, Da Luz PL, Uint L, Rocha TF, Jaeger RG, Lopes EA. 1991. Evidence for superoxide radical dependent coronary artery vasospasm after angioplasty in intact dogs. *Circulation* 83: 1705-1715.
  7. Nakazono K, Watanabe N, Matsuno K, Sasaki J, Sato T, Inoue M. 1991. Does superoxide underlie the pathogenesis of hypertension? *Proc Natl Acad Sci USA* 88: 10045-10048.
  8. Jeong SJ, Lee H, Song NH, Lee SE, Baeg I. 2004. Natural products chemistry: screening for antioxidative activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 28-33.
  9. Yasmine M. 1997. Global estimation of foodborne disease. *World Health Statistics Quarterly* 50: 5-11.
  10. Kwun JW, Lee CH. 2007. Trends of recent food-borne disease outbreaks in Korea. *J Korean Med Assoc* 50: 573-581.
  11. Lee KS, Lee JC, Na SL, Jung HY, Lim KT. 1999. Effects on mammalian tissues and cells by sulfur containing compounds. *J Toxicol Pub Health* 15: 79-87.
  12. Gillissen S, Nowak D. 1998. Characterization of N-acetylcysteine and ambroxol anti-oxidant therapy. *Respir Med* 92: 609-614.
  13. Sainani G, Desai D, Katrodia K, Valame V, Sainani P. 1979. Onion, garlic and experimental atherosclerosis. *Jpn Heart J* 20: 351-357.
  14. Bordia A. 1978. Effect of garlic on human platelet aggregation *in vitro*. *Atherosclerosis* 30: 355-360.
  15. Subrahmanyam V, Sreenivasamurthy V, Krishnamurthy K, Swaminathan M. 1958. The effect of garlic on certain intestinal bacteria. *Food Sci* 7: 223-230.
  16. Qiao L, Shiff SJ, Rigas B. 1997. Sulindac sulfide inhibits the proliferation of colon cancer cell: diminished expression of the proliferation markers PCVA and KI-67. *Cancer Lett* 115: 229-234.
  17. Fukushima S, Takada N, Hori T, Wamibuchi H. 1997. Cancer prevention by organosulfur compounds from garlic and onion. *J Cell Biochem Suppl* 27: 100-106.
  18. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-249.
  19. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1198-1200.
  20. Pellegrin N, Roberta R, Min Y, Catherine RE. 1998. Screening of dietary carotenoids and carotenoid-rich fruit extract for antioxidant activities applying 2,2'-azinobis(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) radical cation decolorization assay. *Method Enzymol* 299: 379-389.
  21. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
  22. Chang JH. 2006. Antioxidant activities and antiproliferative effects of various natural herb extracts. *MS Thesis*. Seoul National University, Seoul, Korea. p 17.
  23. Bang CS. 2007. Antioxidant and antiproliferative activities of the ethanol extracts from leafy vegetables. *MS Thesis*. Chungbuk National University, Chungbuk, Korea. p 24.
  24. Lee SH, Hwang IG, Lee YR, Joung EM, Jeong HS, Lee HB. 2009. Physicochemical characteristics and antioxidant activity of heated radish (*Raphanus sativus* L.) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 490-495.
  25. Yang J, Meyers JK, Heide JV, Liu RH. 2004. Varietal differences in phenolic content and antioxidant and antiproliferative activities of onions. *J Agric Food Chem* 52: 6787-6793.
  26. Bae JS, Kim TH. 2011. Pancreatic lipase inhibitory and antioxidant activities of *Zingiber officinale* extracts. *Korean J Food Preserv* 18: 390-396.
  27. Lee JH. 1993. Studies on the content of phenolic substances on plant foods and their physiological effects *in vitro*. *PhD Dissertation*. Ewha Womans University, Seoul, Korea. p 51-53.
  28. Kang DY, Shin MO, Shon JH, Bae SJ. 2009. The antioxidative and antimicrobial effects of *Celastrus orbiculatus*. *J Life Sci* 19: 52-57.
  29. Lim SJ. 2002. Screening for antioxidant activity and antimutagenic effect of 15 vegetables. *MS Thesis*. Hannam University, Daejeon, Korea. p 48.
  30. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 33: 626-632.
  31. Meller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ, Gopinathan V, Milner A. 1993. A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin Sci* 84: 407-412.
  32. Moon GS, Ryu BM, Lee MJ. 2003. Components and antioxidant activities of Buchu (Chinese chives) harvested at different times. *Korean J Food Sci Technol* 35: 493-498.
  33. Saez-Gonzalez I, Jimenez-Escrig A, Saura-Calixto F. 2005. *In vitro* antioxidant activity of coffees brewed using different procedures (Italian, espresso and filter). *Food Chem* 90: 133-139.
  34. Ahn MS, Kim HJ, Seo MS. 2005. The antioxidant and antimicrobial activities of the three species of leeks (*Allium tuberosum* R.) ethanol extracts. *Korean J Food Culture* 20: 186-193.
  35. Kim SJ, Park KH. 1995. Antimicrobial activities of the extracts of vegetable kimchi stuff. *Korean J Food Sci Technol* 27: 216-220.
  36. Lee EH, Jang KI, Bae IY, Lee H. 2011. Antibacterial effects of leek and garlic juice and powder in a mixed strains system Korean. *J Food Sci Technol* 43: 518-523.
  37. Hong JH, Lee MH, Kang MC, Hur SH. 2000. Separation and identification of antimicrobial compounds from Korean leek (*Allium tuberosum*). *J Fd Hyg Safety* 15: 235-240.
  38. Son JY. 2010. Antioxidant and antimicrobial activities of methanol extracts from spices. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39: 648-654.
  39. Sohn HY, Kum EJ, Ryu HY, Jeon SJ, Kim NS, Son KH. 2006. Antifungal activity of fistulosides, steroidal saponins from *Allium fistulosum* L. *J Life Sci* 16: 310-314.
  40. Jung MS, Lee GS, Chae HJ. 2004. *In vitro* biological activity assay of ethanol extract of radish. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47: 67-71.
  41. Park KS, Kyung KH. 1992. Growth stimulation of lactic acid bacteria by a radish component. *Korean J Food Sci Technol* 24: 528-534.