

생강(*Zingiber officinale* Roscoe) 부위별 이화학적 특성 및 항산화 활성

이혜련¹ · 이종현¹ · 박철성¹ · 라경란¹ · 하진숙¹ · 차미현¹ · 김세나³ · 최용민³ · 황진봉⁴ · 남진식^{1,2}

¹수원여자대학교 식품분석연구센터, ²수원여자대학교 식품영양과
³농촌진흥청 국립농업과학원 농식품자원부 기능성식품과, ⁴한국식품연구원 식품분석센터

Physicochemical Properties and Antioxidant Capacities of Different Parts of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe)

Hye-Ryun Lee¹, Jong-Hun Lee¹, Cheol-Seong Park¹, Kyung-Ran Ra¹, Jin-Sook Ha¹,
Mi-Hyun Cha¹, Se-Na Kim³, Youngmin Choi³, Jinbong Hwang⁴, and Jin-Sik Nam^{1,2}

¹Food Analysis Research Center and ²Department Food and Nutrition, Suwon Women's University

³Functional Food & Nutrition Division, National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

⁴Department of Food Analysis, Korea Food Research Institute

ABSTRACT The physicochemical characteristics and antioxidant activities of leaf, stem, and root of ginger (*Zingiber officinale* R.) were determined. Nutrient composition, reducing sugar, saponin, mineral, heavy metal, total phenolic and total flavonoid contents, and antioxidant activities based on DPPH radical scavenging and FRAP assay were measured. Catechins, gingerols, shogaols, and capsaicin compositions were also determined by HPLC. The contents of water, proteins, fats, carbohydrates, fiber, and ash from ginger root were 6.4, 6.8, 3.2, 65.4, 7.3, and 18.2%, respectively. Crude fiber contents of leaf and stem were 4~5 times higher than those of root ($P<0.05$), and reducing sugar content of stem was about 3 times higher than those of root. Crude saponin contents were in the order of stem < root < leaf, and saponin content of leaf was 1.7 times higher than that of root ($P<0.05$). Mineral contents and composition varied among different parts, and Ca contents of leaf and stem were 5 times higher than that of root. The 6-gingerol, 10-gingerol, and 8-shogaol contents of leaf and stem were identified by HPLC, and 8-shogaol content of leaf was 5 times higher than that of root ($P<0.05$). The major fatty acids in ginger were palmitic acid, oleic acid, linoleic acid, and linolenic acid. Lauric acid was only detected in root, arachidic acid was not detected in stem, and the linoleic acid content of leaf was 5 times higher than that of root. The total catechin content of methanol extract was in the order of root < leaf < stem, and stem was about 30 times higher than that of root. Antioxidant activity was highly correlated with total phenolic and total flavonoid contents. Based on these experiments, it can be concluded that leaf, stem, as well as root of ginger can be used as natural preservatives, and they can be developed as healthy foods due to their antioxidant activities and abundant polyphenols. This study suggests that the whole ginger plant, including root, leaf, and stem, might be new functional vegetables.

Key words: ginger (*Zingiber officinale* Roscoe), fatty acid, gingerol, shogaol, antioxidant

서 론

생강(*Zingiber officinale* Roscoe)은 열대 아시아가 원산지인 생강과에 속하는 다년생 작물로 근경 부위의 독특한 향기와 매운맛으로 세계적으로 널리 애용되고 있는 기호성이 좋은 향신료이다(1). 국내에서는 김치, 젓갈, 과자류 등에 향신료로 첨가되는 등 용도가 다양하며, 한방에서는 위를 튼튼하게 하는 건위약(健胃藥)으로 사용되어 왔고 소화불량, 구토, 진통에 효과가 있다고 알려져 있다(2,3). 생강에는

zingiberene, γ -cardinen 등의 휘발성 향기성분과 zingiberol, zingiberene 등의 정유성분이 함유되어 있다(4). 특히 생강 특유의 맛을 내는 oleoresin은 여러 동족체의 혼합물로 존재하며, 이 중 6-gingerol 및 6-shogaol은 항균 작용(5), 항염 작용(6), 혈청 콜레스테롤 저하 효과(7), 항산화 작용(8)이 있어 건강식품소재로 주목받고 있다. 그리고 국내에서는 생강의 지상부인 줄기와 잎은 주로 뿌리를 목적으로 채매되는 과정에서 유용하게 활용되지 못하고 거의 폐기되는 실정이다. 생강 뿌리는 날 생강, 건 생강, 추출물 및 정유(oleoresin) 등 생강 제품을 위한 소재로 유통되고 있으며, 의약품, 음료, 각종 식품 첨가물 및 화장품 소재로 다양하게 이용되고 있다(9-11). 하지만 생강 잎이나 줄기에 대한 연구는 거의 전무한 실정이다. 인삼의 경우 뿌리보다 잎, 줄기

Received 8 August 2014; Accepted 5 September 2014

Corresponding author: Jin-Sik Nam, Food Analysis Research Center, Suwon Women's University, Suwon, Gyeonggi 445-895, Korea
E-mail: jsnam@swc.ac.kr, Phone: +82-31-290-8216

에서 높은 항산화 활성을 보였으며, 총 페놀화합물의 함량은 인삼의 잎(147~200 mg%), 줄기(110~153 mg%), 뿌리(61~86 m%)의 순으로 높다고 보고되어 있다(12). 그리고 인삼의 총 ginsenoside 함량은 뿌리와 줄기에서 보다 잎에서 높은 함량을 나타냈다고 보고되었다(13). 생강은 뿌리 외에도 잎, 줄기 부위에 따라 약리적 효능이 다를 것으로 판단되지만 부위별 분획 용매별로 항산화 활성 비교 분석이 진행된 연구는 미비하다. 생강 뿌리뿐만 아니라 잎, 줄기를 포함한 전초를 함께 섭취할 수 있으면 아주 훌륭한 기능성 소재 원료가 될 수 있을 것이다.

이에 본 연구에서는 생강 줄기와 잎의 이용을 활성화시키고 기능성 식품소재로의 가능성을 알아보기 위하여 생강의 잎, 줄기, 뿌리에 대해 일반성분, 사포닌, 무기질, 지방산 함량 등 각종 영양성분 분석 및 생리활성 물질을 탐색하기 위하여 용매 분획별 항산화 활성 비교 분석, 유용성 물질로 gingerols, shogaols, capsaicin 및 catechin류를 분석하여 생강 부산물의 기능성 식품소재 개발을 위한 기초자료를 제공하고자 한다.

재료 및 방법

실험재료 및 시약

본 실험에 시료로 사용한 생강은 충남 서산에서 2012년 11월에 채취하였다. 시료는 불순물을 제거하기 위하여 수세한 후 잎, 줄기 및 뿌리로 각각 부위를 나누어 동결건조기(FD-5512, Ilshin Lab. Co. Ltd, Gyeonggi, Korea)를 이용하여 동결건조 한 후 분쇄하여 냉동보관(-20°C)하면서 시료로 사용하였다. 사용된 시약들은 2,2'-azobis(2-methylpropionamide) dihydrochloride(AAPH), dinitrosalicylic acid(DNS), Folin-Ciocalteu's reagent, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH), vanillin, 2,4,6-tris(2-pyridyl)-1,3,5-triazine(TPTZ), gallic acid, glucose, 6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid(Trolox), 표준지방산 methyl ester, quercetin 및 catechin류 화합물 분석을 위한 표준물질은 Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)로부터, L-cysteine은 Nacalai Tesque Inc.(Tokyo, Japan)로부터, 6-gingerol, capsaicin, 8-gingerol, 6-shogaol, 10-gingerol, 8-shogaol, 10-shogaol은 Chromadex Inc.(Laguna Hills, CA, USA)로부터, 무기질 정량을 위한 표준시약은 AccuStandard(New Haven, CT, USA)로부터 구입하여 사용하였다. 그리고 그 외 시약과 용매는 분석용 특급시약(Samchun Co., Pyeongtaek, Korea)을 사용하였다.

이화학적 품질 특성의 측정

일반성분은 AOAC법(14)에 준하여 분석하였다. 수분 함량은 105°C 건조기(OF-12, Jeio Tech, Daejeon, Korea)를 이용한 상압가열건조법, 조단백질은 Kjeldahl 분해법

로 단백질추출장치(2300 Kjeltac Analyzer Unit, Foss Tecator AB, Höganäs, Sweden)를 이용하여 질소계수 6.25를 곱하여 퍼센트(%) 함량으로 표시하였다. 조지방은 Soxhlet 추출법(Soxtex 1043, Foss Tecator AB)을 사용하였고, 조섬유는 1.25% H₂SO₄ 및 NaOH 분해법, 조회분은 550°C 회화로(MF31G, Jeio Tech)에서 직접회화법으로 측정하였으며, 탄수화물은 시료 전체를 100%로 하고, 수분, 단백질, 지방 및 회분 함량(%)을 감한 값으로 나타내었다. 환원당 함량의 분석은 DNS 비색법(15)으로 측정하였다. 즉 시료 0.3 mL에 DNS 시약 1 mL를 넣고 5분간 중탕한 후 증류수 7 mL를 첨가하여 550 nm에서 microplate reader(Molecular Devices, Sunnyvale, CA, USA)로 흡광도를 측정하여 포도당 함량에 상당하는 값(glucose equivalent, GE, g%)으로 나타내었다. 총당은 phenol-H₂SO₄법(16)으로 시료액 50 µL에 5% phenol 50 µL와 H₂SO₄ 150 µL를 넣고 10분간 반응시켜 실온에서 냉각한 후 환원당과 동일한 방법으로 정량하였다.

조사포닌 함량 측정

조사포닌 함량은 부탄올 추출 중량법(17)으로 분석하였다. 즉 생강 부위별 2 g에 물 60 mL를 넣고 에테르로 3회 처리하여 지용성 물질을 제거한 다음 다시 부탄올로 3회 추출한 후 부탄올 분획물을 감압농축 하였다. 감압농축물의 함량을 조사포닌 함량으로 나타내었다.

무기질 및 중금속 분석

무기질 및 중금속 분석은 AOAC법(14)에 의하여 분석하였다. 즉 시료 0.5 g에 산 혼합액(HNO₃/H₂O₂, 9:1) 10 mL를 teflon bottle에 담고 이를 전처리 시험용액으로 하였으며, 시료의 분해는 microwave digestion system(MARS 5 Version 194A01, CEM, Matthews, NC, USA)으로 1,200 W power에서 총 30분간 산 분해를 실시하였다. 전처리 과정을 거친 시료용액은 여과지(Whatman No. 5A, Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하였으며, Ba, Co, Cr, Ni, Sr, V, Ca, Cu, Fe, Mg, Mn, Zn, K, Na은 ICP-OES(Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Optima 8300, Perkin Elmer Co., Shelton, CT, USA)로 측정하였으며, reflected power는 1.4 kW, flow gas는 argon, plasma flow는 10 L/min, auxiliary gas flow rate는 0.2 L/min, nebulizer gas flow rate는 0.55 L/min의 조건으로, 각 원소별 측정파장은 Ba(233.527 nm), Co(238.892 nm), Cr(267.716 nm), Ni(221.648 nm), Sr(460.733 nm), V(310.230 nm), Cu(327.393 nm), Fe(238.204 nm), Mg(279.553 nm), Mn(257.610 nm), Zn(206.200 nm), K(766.490 nm), Na(589.592 nm), Ca(317.926 nm)으로 분석하였다. 그리고 시험용액 중 Be, Se, Rb, Cd, Pb, As는 ICP-MS(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer, ELAN-e, Perkin Elmer

Co.)를 이용하여 측정하였으며, reflected power는 1.4 kW, lens voltage는 9.6 V, plasma flow는 18 L/min, auxiliary gas flow rate는 1.5 L/min, nebulizer gas flow rate는 0.92 L/min, dwelling time은 100 m/sec의 조건으로, 각 원소별 측정 값(masses)은 Be(9), Se(78), Rb(85), Cd(114), Pb(208), As(75) 질량값으로 분석하였다. 검량선은 다원소 표준용액을 5% 질산용액을 사용하여 여러 농도로 조제하여 시료와 동일한 방법으로 측정하였다. 그리고 수은 분석은 시료 50 mg을 직접 수은분석기(MA-2, Nippon Instrument Co., Tokyo, Japan)에 넣고 가열기화금아말감법을 적용하여 파장 253.7 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 검량선은 수은 표준용액을 0.001% L-cysteine(98%, Nacalai Tesque Inc.)을 사용하여 0.5, 1.0, 2.0, 5.0, 10 및 20 µg/kg의 농도로 조제한 후 시료와 동일한 방법으로 측정하였다.

Gingerol, shogaol 및 capsaicin 함량 분석

생강에 함유된 gingerols, shogaols 및 capsaicin 함량 분석은 Connell(4)의 방법을 이용하여 추출, 분석하였다. 시료 각 100 g을 메탄올 300 mL로 추출하여 여과(Whatman No. 2)한 다음 감압농축 하였다. 그리고 에테르 100 mL를 가하여 가용물질을 추출한 후 감압농축 시키고 헥산 10 mL를 첨가하여 헥산층을 제거한 후 다시 감압농축 시켜 최종적으로 갈색 유상의 crude gingerol을 얻었다. 이를 메탄올에 녹인 후 0.45 µm membrane filter로 여과하여 기기 분석에 사용하였다. HPLC 분석은 Agilent 1200 series system을 이용하였고 ODS column(Luna C18 HST, 2.5 µm, 100×2.0 mm, Phenomenex, Sunnyvale, CA, USA)을 사용하였다. Column의 온도는 40°C로 설정하였고, 검액 20 µL를 주입하였다. 이동상은 water-acetonitrile(60:40, v/v)을 사용하였으며, 1 mL/min의 유속으로 280 nm의 검출파장에서 분석하였다.

지방산 함량 및 조성 분석

지방산 조성 분석을 위한 지방추출 및 지방산 분석은 AOAC법(14)에 따라 분석하였다. 생강시료 10 g을 취하여 에테르로 추출하여 얻은 추출지방 약 25 mg에 0.5 N NaOH-methanol 2 mL를 가하여 알칼리염을 만든 후 14% BF₃-methanol 용액 2 mL를 첨가하고 가열하여 에스테르화시키고 생성된 지방산에스테르를 이소옥탄에 녹여 사용하였다. 용액을 Na₂SO₄ anhydrous로 탈수하여 지방산 분석시료로 사용하였다. 지방산 조성은 gas chromatography (GC, Agilent 6890N/5975 MSD series, Avondale, PA, USA)를 사용하여 분석하였다. Column은 SPTM-2560 (100 m×0.25 mm, i.d., 0.2 µm film thickness, Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA)을 사용하였다. 기기 분석조건은 injector 250°C, detector(FID, flame ionization detector) 250°C, oven(initial 130°C, 분당증가율은 175°C까지 4°C/min, 210°C까지 1°C/min, 245°C까지 30°C/min), carrier

gas는 헬륨을 사용하였다. 한편 detector에서 분석된 데이터는 각 지방산의 메틸에스테르에 관한 결과이므로 해당 지방산으로 전환하기 위한 방법으로 FID 전환계수(FID conversion factor, Ri)를 이용하였다. 각 분석은 3반복씩 실행하였으며 평균값과 표준편차를 이용하여 데이터로 산출하였다.

$$FA_i \text{ (g/100 g 지방산)} = \frac{P_i \times f_i}{R_i} \times \frac{100}{\sum (P_j \times f_j / R_j)}$$

P_i, P_j: 지방산 피크면적

R_i, R_j: 각 지방산 표준물질에서 구한 FID 전환계수

f_i, f_j: 각 지방산 메틸에스테르로부터 지방산으로의 전환계수

유용성분 측정을 위한 시료 추출

추출조건 검색을 위한 시료 추출은 생강의 뿌리, 줄기, 잎 분말 100 g에 80% 메탄올 1 L를 가하여 상온에서 초음파추출(Powersonic 520, Hwashin Tech, Seoul, Korea)을 하면서 3회 반복 추출하였다. 추출물은 여과지(Whatman No. 2)로 여과한 후 회전진공농축기(R210, Buchi, Flawil, Switzerland)를 사용하여 감압농축 하였다. 이를 다시 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트 및 물층으로 순차적으로 용매분획한 후 감압농축 하여 -20°C에 보관하면서 실험에 사용하였다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량 측정

총 페놀의 함량은 Folin-Ciocalteu's 방법(18)에 의하여 측정하였다. 시료 50 µL에 2 N Folin-Ciocalteu's 시약 25 µL를 가하여 발색시키고, 20% Na₂CO₃ 150 µL를 가하여 15분 동안 실온에서 방치하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 총 페놀 함량은 gallic acid equivalents(GAE) g/kg으로 나타내었다. 총 플라보노이드 함량은 Davis법을 변형한 방법(8)을 이용하였다. 시료 20 µL에 diethylene glycol을 200 µL 첨가하고 다시 1 N NaOH 20 µL를 넣어 잘 혼합시켜 37°C에서 1시간 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총 페놀 함량은 quercetin equivalents (QE) g/kg으로 나타내었다.

용매별 추출물의 카테킨류 분석

생강으로부터 얻어진 각 추출물에 대해 catechins 함량은 Shao 등(19)의 방법에 의해 동시 분리·정량하였다. 추출물은 0.45 µm membrane filter로 여과하였으며 HPLC는 Agilent 1200 series system에서 ODS column(C18 UG 120, i.d.; 5 µM, 250×4.6 mm)을 사용하였다. Column의 온도는 40°C로 설정하였고 1 mL/min의 유속으로 280 nm의 검출파장에서 분석을 행하였으며, 검액 20 µL를 주입하였다. 이동상은 A 용액(2% acetic acid/water, v/v)과 B 용액(acetic acid : acetonitrile : water, 0.5:50:49.5, v/v/v)을 이용하여 농도기울기 분석(B: 10%/15 min→12%/20

min→35%/35 min→50%/70 min→50%/75 min→10%/80 min)을 행하였다.

항산화 활성 측정

DPPH 라디칼 소거 활성은 Blois의 방법(20)에 의해 측정하였다. 시료 100 μ L와 메탄올에 100 μ M의 농도로 녹인 DPPH 용액 900 μ L를 넣고 혼합하여 실온에서 암실에 30분간 방치한 다음 multiplate spectrophotometer(Versa Max, Molecular devices)로 517 nm 흡광도를 측정하였으며 소거 활성은 Trolox equivalents(TE) μ M로 나타내었다. FRAP(ferric reducing antioxidant power) 활성은 Benzie와 Strain(21)의 방법을 변용하였다. 반응용액을 acetate buffer(pH 3.6, 23 mM), 10 mM TPTZ(2,4,6-tripyridyl-s-triazine) 및 20 mM FeCl₃·6H₂O를 10:1:1의 비율로 혼합하여 만든 후 실험 전까지 37°C를 유지하였다. 이 용액 700 μ L에 시료 100 μ L를 혼합하여 암실에서 30분간 방치한 후 590 nm에서 흡광도를 측정하여 Trolox equivalents(TE) μ M로 나타내었다.

통계처리

모든 실험은 3회 반복 측정하고 결과를 평균±표준편차(n=3)로 나타내었으며, 유의성 검증은 version 10.0의 SPSS (Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc, Chicago, IL, USA) Software Package Program을 사용하여 통계처리 하였으며, $P<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test에 따라 분석하였다.

결과 및 고찰

이화학적 품질특성

본 연구에서 분석된 생강 잎, 줄기, 뿌리의 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 생강 뿌리 100 g(dry weight basis) 중에는 수분 6.4%, 조단백 6.8%, 조지방 3.2%, 탄수화물 65.4%, 조섬유 7.3%, 조회분 18.2%가 함유된 것으로 나타났으며, 이는 Lee 등(3)과 유사한 경향을 보였다. 그리고

Table 1. Proximate composition of leaf, stem, and root from *Zingiber officinale*

Elements (% dry basis)	Leaf	Stem	Root
Moisture	6.2±0.12 ^{c1)}	6.6±0.05 ^a	6.4±0.03 ^b
Crude protein	12.3±0.04 ^a	6.1±0.17 ^c	6.8±0.03 ^b
Crude fat	3.0±0.08 ^b	2.0±0.16 ^c	3.2±0.03 ^a
Carbohydrate	62.0±0.10 ^b	65.4±0.12 ^a	65.4±0.06 ^a
Crude fiber	25.7±0.29 ^b	31.2±0.10 ^a	7.3±0.40 ^c
Crude ash	16.5±0.15 ^c	19.9±0.10 ^a	18.2±0.13 ^b
Total sugar	16.2±1.33 ^c	27.4±0.23 ^a	24.8±0.18 ^b
Reducing sugar	0.8±0.02 ^c	6.3±0.11 ^a	2.2±0.06 ^b
Crude saponin	1.03±0.01 ^a	0.15±0.01 ^c	0.60±0.01 ^b

¹⁾Different superscripts in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

생강 잎, 줄기 및 뿌리 모두 주된 성분은 대부분의 식물체의 구성성분인 탄수화물과 회분으로 구성되어 있었으며, 생강 뿌리에 비해 잎, 줄기에서 조섬유의 함량이 4~5배 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). 그리고 환원당 및 총당을 측정된 결과도 Table 1에 나타내었다. 생강 줄기에서 총당 및 환원당 함량이 높게 나타났으며, 줄기의 환원당 함량은 뿌리에 비해 유의적으로 약 3배 정도 높았다($P<0.05$).

조사포닌 함량

생리활성물질인 사포닌 함량을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 생강 잎, 줄기, 뿌리의 조사포닌 함량은 0.15~1.03%로 나타났으며, Ryu 등(22)에 의하면 백삼과 홍삼의 조사포닌 함량은 각각 4.3, 4.6%로 인삼보다는 다소 낮은 함량을 보였다. 본 연구 결과에서 조사포닌 함량은 줄기<뿌리<잎 순으로 함량이 높았으며, 특히 뿌리보다 잎에서 약 1.7배 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). Kim 등(13)의 보고에서도 인삼의 사포닌 성분인 총 ginsenoside 함량이 잎에서 뿌리보다 높은 함량을 보였으며, 같은 재배조건에서 잎의 Rd 함량이 줄기와 뿌리에서보다 25~83배 정도 더 높게 분포하고 있었다고 보고하였다. 이 결과로 보아 생강 뿌리 단독보다는 뿌리와 잎, 줄기를 모두 활용하는 것이 영양적 가치가 높을 것으로 생각된다. 사포닌은 항통증, 항암, 항당뇨, 간기능, 항진 작용, 항혈전, 항염증 등 다양한 생리활성을 가지고 있다고 알려져 있다(22-25). 한편 Park 등(23)은 인삼에서 N, P, K의 무기영양성분이 사포닌 함량에 크게 영향을 준다고 보고하였으며, 인삼 및 홍삼의 경우에 발효(24), 압출성형(25) 등의 가공을 통한 사포닌 함량 강화 제품개발 연구도 활발히 진행 중이다. 생강도 마찬가지로 건강기능적 측면에서 품질을 향상시킬 수 있는 방안을 모색하여 국내 농산물의 경쟁력 제고에 기여할 수 있을 것이다. 그리고 Liu 등(26)은 HPLC에 의한 생강의 diosgenin 함량을 15.4%로 보고하였다. 그러나 결과에 제시하지 않았지만 본 연구 측정 결과에서는 diosgenin이 검출되지 않았다. 이러한 원인은 사포닌 함량이 생강품종 및 재배환경과 재배조건의 차이 등 여러 환경요인에 의해 달라질 수 있다고 사료된다.

무기영양성분 및 중금속 함량

생강 뿌리에 함유된 무기영양성분에 관한 연구는 많으나 생강 잎, 줄기에 대한 무기질에 관한 연구는 미비하며, 식물체 부위에 따라 무기영양성분의 조성 및 함량이 차이가 있음이 보고되었다(27). 생강 뿌리와 잎, 줄기에 대한 무기질의 성분 및 함량을 비교하였으며, 결과는 Table 2에 나타내었다. 생강의 부위별에 관계없이 무기질 함량은 K가 가장 높았으며, 다음으로 Fe, Ca, Mg가 많은 함량을 차지하였다. 이들 무기질은 식품을 통해 체내로 공급해 주어야 하는 필수 영양소로 특히 K는 근육에서 에너지를 만드는 역할을 하고 결핍시 뇌졸중, 신부전증, 변비, 손발 저림, 경련 등을 일으키며, Mg, Fe은 아미노산의 활성화와 ATP의 합성, 단백질 합성

Table 2. The minerals and heavy metal content of leaf, stem, and root from *Zingiber officinale*

Contents (mg/kg dry basis)		Leaf	Stem	Root
Minerals	Be	0.04±0.002 ^{b1)}	0.02±0.002 ^b	0.21±0.014 ^a
	Se	0.18±0.036 ^a	0.11±0.001 ^b	0.13±0.011 ^b
	Co	0.39±0.020 ^b	0.14±0.010 ^c	2.70±0.125 ^a
	V	0.96±0.038 ^b	0.36±0.07 ^b	11.6±0.63 ^a
	Ni	2.15±0.32 ^b	0.89±0.04 ^c	5.52±0.19 ^a
	Cu	13.3±4.93 ^a	6.08±0.27 ^b	9.31±0.12 ^{ab}
	Rb	16.1±0.33 ^b	16.8±0.36 ^a	11.7±0.16 ^c
	Sr	37.2±0.12 ^b	51.0±0.19 ^a	10.6±0.29 ^c
	Ba	68.4±0.50 ^b	105±0.5 ^a	53.1±0.66 ^c
	Zn	77.7±4.40 ^b	136±1.1 ^a	47.2±2.30 ^c
	Mn	300±4.2 ^a	164±3.6 ^b	290±14.4 ^a
	Na	548±4.0 ^a	298±8.2 ^c	402±11.9 ^b
	Fe	998±73.5 ^b	552±44.6 ^c	5,857±248 ^a
	Ca	10,930±30.0 ^a	10,570±144 ^b	2,209±176 ^c
Heavy metal	Mg	2,987±34 ^b	1,882±52.6 ^c	4,006±325 ^a
	K	66,170±659 ^b	89,617±1348 ^a	24,023±699 ^c
	Cd	0.06±0.001 ^c	0.07±0.002 ^b	0.10±0.007 ^a
	Pb	1.78±0.077 ^b	0.65±0.005 ^c	2.69±0.067 ^a
	Hg	0.02±0.0002 ^a	0.003±0.0001 ^b	0.002±0.0000 ^c

¹⁾Different superscripts in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

에 중요한 역할을 한다고 보고하였다(28). Otunola 등(29)의 생강 뿌리의 함량을 조사한 결과, K는 2,150 mg/kg, Ca는 257 mg/kg, Na는 50 mg/kg, Mg는 50 mg/kg, Fe는 35 mg/kg, Zn는 0.4 mg/kg, Mn은 0.02 mg/kg, Cu는 0.01 mg/kg으로 보고하여 본 연구 결과와 다소 함량 차이를 보였지만 성분 함량 순위는 유사하였다. 그리고 생강 줄기에서 Rb, Sr, Ba, Zn, Ca, K는 뿌리보다 높은 함량을 나타냈으며, 특히 Sr, Ca, K는 뿌리에 4배 이상 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). 그리고 Se, Cu, Rb, Sr, Ba, Zn, Mn, Na, Ca, K는 잎에서 뿌리보다 높은 함량을 나타냈으며, Ca는 뿌리에 5배 유의적으로 높은 값을 보였다($P<0.05$). Ca는 결핍 시 골다공증을 비롯하여 고콜레스테롤증, 동맥경화, 고지혈증, 고혈압 등의 만성질환 발병요인이 되나(28,29) K, Ca가 풍부한 생강 뿌리뿐만 아니라 잎, 줄기 전체를 일상적으로 섭취한다면 이와 같은 질병의 예방에 큰 도움이 되리라 사료된다. Lee 등(30)에 의하면 인삼 잎의 K, Ca, Mn은 뿌리보다 높은 함량을 나타내어 본 연구 결과와 유사한 경향을 나타내었다. 중금속 중 Cd, Pb, Hg는 모든 부분에서 미량으로 검출되었으며, 우리나라의 근채류에 대한 Cd 및 Pb 기준치(31)는 0.1 mg/kg으로, 잎과 줄기의 Cd 농도는 기준치보다 훨씬 낮았지만 뿌리는 다소 높은 수치를 나타내었다. 그리고 Pb는 잎, 줄기 및 뿌리 모두 기준치보다 높게 나타났고 생강의 잎, 줄기보다 뿌리가 가장 높게 나타났는데, 이는 Choi(32)의 연구 결과와 일치하였다. Choi와 Chung(33)은 Cd, Pb, Hg의 농도를 각각 0.03, 0.107, 0.001 mg/kg으로 보고하여 본 연구 결과가 다소 높은 농도를 보였다. 그리고 생강의 부분별 중금속 함량을 비교해 보았을 때 뿌리부분에서 높게 나타났는데, 이는 뿌리 쪽의 토양 오염 또는 재배과정에서 화학비료나 농약으로 인한 오염으로 추측된다.

Gingerol, shogaol 및 capsaicin 함량 분석

생강의 유용성분으로 알려진 6-gingerol, 8-gingerol, 10-gingerol, 6-shogaol 및 capsaicin의 함량을 검토하기 위해 HPLC로 분석하였다. Fig. 1은 생강 뿌리에 대해 7종의 화합물을 분석한 HPLC 크로마토그램이며, 생강 부위별 이

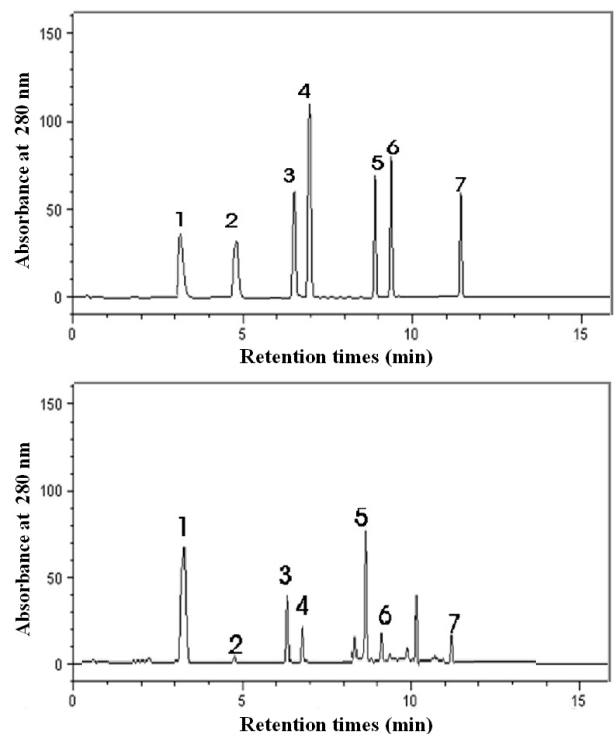


Fig. 1. HPLC chromatograms of standard gingerols, shogaols, and capsaicin compounds (A) and ginger root (B). Peak 1, 6-gingerol; 2, capsaicin; 3, 8-gingerol; 4, 6-shogaol; 5, 10-gingerol; 6, 8-shogaol; 7, 10-shogaol.

Table 3. The gingerols, shogaols, and capsaicin compounds of leaf, stem, and root from *Zingiber officinale*

Contents (g/kg dry basis)	Leaf	Stem	Root
1. 6-Gingerol	1.87±0.08 ^{c1)}	3.22±0.05 ^b	15.80±0.01 ^a
2. Capsaicin	— ²⁾	—	1.58±0.02 ^a
3. 8-Gingerol	—	—	4.10±0.24 ^a
4. 6-Shogaol	—	—	2.19±0.03 ^a
5. 10-Gingerol	2.35±0.05 ^c	3.70±0.25 ^b	12.99±0.24 ^a
6. 8-Shogaol	8.69±0.24 ^a	3.76±0.24 ^b	1.72±0.02 ^c
7. 10-Shogaol	—	—	2.33±0.04 ^a

¹⁾Different superscripts in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾—: not detected.

들 함량은 Table 3에 나타내었다. 추출은 메탄올과 에테르로 추출하여 진한 갈색의 점조성의 생강 특유냄새를 가진 oleoresin을 얻었으며 이를 핵산을 이용하여 갈색 유상의 조추출물을 얻었다. 생강의 매운맛 성분 중 gingerol은 생강의 가장 강력한 매운맛 성분일 뿐만 아니라 다른 성분들에 비하여 그 함량도 많기 때문에 생강의 저장, 유통 중의 품질지표물질로 많이 사용되고 있는 성분이다. 그리고 gingerol은 aldehyde unit 길이에 따라 매운맛 정도 및 효능도 다소 차이가 있는 것으로 알려져 있다(4). Dugasani 등(34)은 생강의 주요성분의 항산화 효능을 알아보았는데 6-gingerol < 8-gingerol < 10-gingerol < 6-shogaol의 순으로 나타났다고 보고하였다. Table 3과 같이 생강 뿌리는 gingerol, shogaol 및 capsaicin 7종 성분 모두 확인되었으며, 주성분은 6-gingerol(15.80 g/kg), 10-gingerol(12.99 g/kg)이었으며, 나머지 성분들도 1.58~4.10 g/kg 정도로 함유하고 있는 것으로 나타났다. 6-Gingerol은 항당뇨, 지질 저하 효과,

항염증 및 항산화 효능 등 다양한 효능이 보고되고 있다(5-8). 그리고 잎과 줄기에서도 6-gingerol, 10-gingerol, 8-shogaol을 확인할 수 있었으며, 특히 8-shogaol은 뿌리보다 잎에서 5배 유의적으로 높은 함량을 보였다($P<0.05$). Shogaol은 가공, 저장 중에 탈수와 역알돌 축합(retro-aldol) 반응에 의하여 생기는 물질로 gingerol보다 자극성이 떨어지며(35), prostaglandin과 leukotriene 합성 효소 억제제로 효과적인 항염증 작용을 가진다고 알려져 있다(34,36). 한편 Chen 등(37)은 생강의 총 gingerol 함량이 건물 기준으로 11~15.6 g/kg이었고, [6]-, [8]- 및 [10]-gingerol 함량 비는 5.3:0.7:1.0이라고 보고한 바 있는데 이는 본 연구 결과와는 다소 상이한 경향을 보였다. 이와 같은 결과의 차이는 원료 생강의 품종, 재배지역, 분석방법 등 여러 가지 복합 요인에 의한 상당한 영향이 있다고 보고하였다(38).

지방산 함량 및 조성

생강잎, 줄기, 뿌리의 구성 지방산 함량을 분석한 결과는 Table 4와 같다. 40종의 표준지방산 분석 결과는 생강 잎, 줄기, 뿌리에서 포화지방산 6종, 단일불포화지방산 2종, 다가불포화지방산 3종, 총 11종이 모두 검출되었다. 그리고 지방산 중 capric acid는 생강 뿌리에서만 검출되어 저급 지방산(C4:0~C10:0) 함량이 26.7 mg/100 g이었다. 그리고 arachidic acid는 잎, 뿌리에서만 검출되었으며, 잎과 줄기에서는 지방산 성분 중 palmitic acid 성분이 가장 많은 함량을 보였고 잎은 뿌리에 비해 유의적으로 약 2.5배 높은 함량을 보였다($P<0.05$). 특히 잎에서 줄기, 뿌리에 비해 linoleic acid, linolenic acid의 필수지방산의 함량이 높았고, 뿌리보다 유의적으로 약 5배 높은 함량을 보였다($P<0.05$). 한편 linolenic acid는 오메가-3 지방산으로 혈행 개선과 콜레스

Table 4. Components of free fatty acid of leaf, stem, and root from *Zingiber officinale*

Free fatty acid (mg/100 g dry basis)	Leaf	Stem	Root
Capric acid (C10:0)	— ²⁾	—	26.7±0.93 ^{a1)}
Lauric acid (C12:0)	8.4±0.35 ^b	3.2±0.22 ^c	9.8±0.35 ^a
Myristic acid (C14:0)	12.9±0.51 ^a	5.3±0.38 ^c	7.4±0.13 ^b
Palmitic acid (C16:0)	302.2±3.50 ^a	213.6±0.93 ^b	121.6±3.19 ^c
Stearic acid (C18:0)	38.4±0.67 ^a	26.8±0.77 ^b	22.7±0.49 ^c
Arachidic acid (C20:0)	13.4±0.48 ^a	— ^c	6.7±0.20 ^b
Behenic acid (C22:0)	16.9±0.41 ^a	8.5±0.57 ^c	14.3±0.78 ^b
Lignoceric acid (C24:0)	40.6±1.01 ^a	20.4±1.33 ^b	19.1±1.16 ^b
Oleic acid (C18:1, n-9)	52.6±0.86 ^a	22.5±1.27 ^b	51.0±1.56 ^a
Vaccenic acid (C18:1, n-11)	12.4±0.03 ^a	5.0±0.10 ^b	5.9±0.29 ^b
Linoleic acid (C18:2, n-6)	225.9±3.03 ^a	178.1±2.44 ^b	171.8±0.87 ^c
Linolenic acid (C18:3, n-3)	228.1±0.56 ^a	66.7±1.89 ^b	42.7±1.41 ^c
Arachidonic acid (C20:4, n-6)	27.5±9.93 ^a	17.3±0.52 ^a	3.0±0.09 ^b
SFA ³⁾ (%)	44.5±0.60 ^b	49.2±0.31 ^a	45.4±0.64 ^b
MUFA (%)	6.7±0.09 ^b	4.9±0.22 ^c	11.3±0.31 ^a
PUFA (%)	49.5±1.29 ^a	46.4±0.14 ^b	43.1±0.34 ^c
UFA/SFA	1.26±0.04 ^a	1.04±0.01 ^c	1.20±0.02 ^b

¹⁾Different superscripts in a row are significantly different at $P<0.05$ by Duncan's multiple range test.

²⁾—: not detected.

³⁾SFA: saturated fatty acids, MUFA: monounsaturated fatty acids, PUFA: polyunsaturated fatty acids.

Table 5. The yield of each fraction extracted from 100 g of dry weight of leaf, stem, and root from *Zingiber officinale*

Yields (%) ¹⁾	Leaf	Stem	Root
Extract			
80% MeOH ex.	7.6	8.8	2.3
Fractions			
n-Hexane fr.	0.91	1.07	0.13
CHCl ₃ fr.	0.82	1.30	0.40
EtOAc fr.	0.86	0.14	0.17
BuOH fr.	1.54	2.33	0.23
Aqueous	3.48	3.93	1.35

¹⁾The percentage of yield extracts was calculated as % yield=(weight of sample extract/ initial weight of sample)×100.

테롤 조절에 효과적이어서 뇌혈관 질환과 심장 질환 예방에 도움을 준다(39). 뿌리는 linoleic acid, palmitic acid, oleic acid 순으로 높은 함량을 나타냈다. 본 결과로 뿌리뿐만 아니라 줄기, 잎에서도 식품의 영양학적으로 큰 의의를 둘 수 있다.

총 페놀 및 플라보노이드 함량

메탄올 추출물에서 우수한 항산화 활성을 보여준 연구 결과(38)에 따라 생강 잎, 줄기, 뿌리로부터 80% 메탄올 추출물을 얻어 다시 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트 및 부탄올층과 최종 남은 물층을 농축하여 수율을 측정하였다 (Table 5). 메탄올 추출물에서 잎과 줄기는 뿌리보다 약 3~

4배 높은 수율을 보였다. 용매별 추출 수율은 줄기의 물층에서 가장 높은 수율을 보였으며, 전반적으로 잎, 줄기의 추출 수율은 뿌리 부위에 비하여 높았다. 그리고 추출 수율은 10% 이하의 낮은 수율을 보였으며, 이는 황 함유 채소류들은 대부분 수분 함량이 80~90% 이상이며, 생강은 섬유질과 전분 함량이 높기 때문에 낮은 수율을 보인다고 보고하였다(40). 총 페놀 함량 측정은 국내외에서 과일, 채소 및 그 가공품의 건강 기능적 품질성분의 지표를 검정하는 방법으로 널리 이용되고 있다(18). 생강의 부분별 추출물 및 분획물에 함유된 총 페놀 및 플라보노이드 함량은 Fig. 2에 나타내었으며 생강의 부위별 및 용매 분획물에 따라 유의적인 차이를 나타내었다($P<0.05$). 잎과 줄기의 폴리페놀 함량은 메탄올 추출물이 각각 26.6, 11.3 g/kg으로 나타났으며, 대체적으로 에틸아세테이트층에서 높은 함량을 보였다. 그리고 뿌리의 메탄올 추출물은 9.4 g/kg으로 잎과 줄기에 비해 낮은 함량을 보였지만 헥산층에서 187.2 g/kg으로 가장 높은 폴리페놀 함량을 보였으며, 부탄올층에 비해 12배 높은 함량을 보였다. 이는 Lee 등(8)도 생강 뿌리 헥산층에서 228.87 g/kg으로 높은 폴리페놀 함량 및 높은 gingerol과 shogaol 함량을 확인하였다. 이로부터 헥산에 gingerol과 shogaol이 고농도로 함유되어 있음을 나타내었다. 그리고 Kim 등(40)에 의하면 황 함유 채소 추출물의 총 페놀 함량을 보면 양파 69.07, 파 68.83, 마늘 19.41, 무 19.05 g/kg의 함량을 보고 하였으며 본 연구 결과와 비교하였을 때 생강 잎의 메탄올

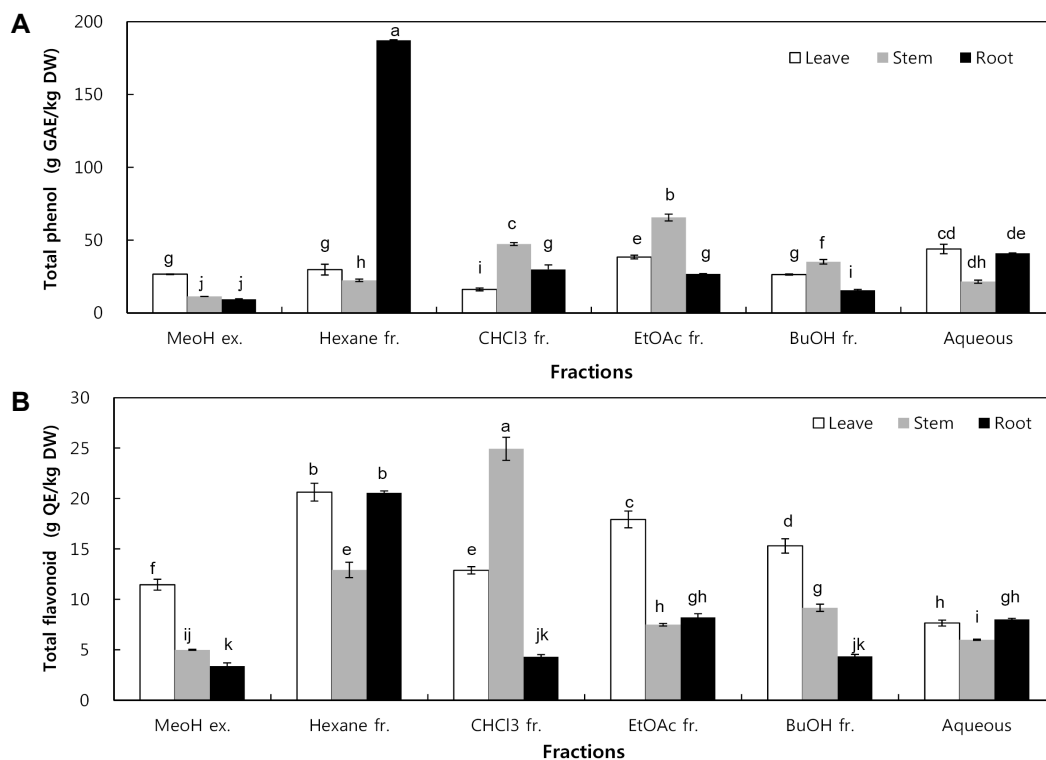


Fig. 2. The total phenolic and total flavonoid contents of leaf, stem, and root from *Zingiber officinale*. A: expressed as g gallic acid equivalent/kg of dry plant material, B: expressed as g quercetin equivalent/kg of dry plant material. Means with the different letters (a-k) on the bars are significantly different at $P<0.05$ according to Duncan's multiple range test.

추출물에서 무와 마늘보다 약 1.5배 높은 경향을 나타냈다. 그리고 줄기의 에틸아세테이트층에서는 양과와 과의 함량과 비슷한 수치를 나타내었으며 메탄올 추출물에서의 플라보노이드 함량은 잎과 줄기가 뿌리보다 높은 함량을 보였고, 잎은 뿌리에 비해 3배 정도 높은 함량을 나타내었다. 또한 잎, 줄기의 모든 분획물은 뿌리의 분획물 함량과 비슷하거나 높은 함량을 보였다. 분획물 중에서는 잎과 뿌리는 헥산에서, 줄기는 클로로포름층에서 가장 높은 플라보노이드 함량을 보였다. 총 페놀 함량과 총 플라보노이드 함량 간에는 상관성은 없어 보였다.

용매 분획물의 catechin류 분석

용매 분획물의 카테킨, 에피카테킨 유도체 함량 분석 결과는 Table 6과 같다. HPLC로 (-)-epicatechin(EC), (-)-epicatechin gallate(ECG), (-)-epigallocatechin(EGC), (-)-epigallocatechin gallate(EGCG), (+)-catechin(C), (-)-gallocatechin(GC), (-)-gallocatechingallate(GCG)의 7종을 분석하였다. 생강의 부분별 추출물 및 분획물에 따라 유의적인 차이를 나타내었다($P < 0.05$). 메탄올 추출물에서의 카테킨류 함량은 뿌리 < 잎 < 줄기 순으로 높았으며, 특히 줄기는 뿌리에 비해 약 30배 유의적으로 높은 값을 보였다 ($P < 0.05$). Ghasemzadeh 등(41)도 생강의 뿌리보다는 잎에서 C와 EC가 높은 함량을 나타내어 본 연구 결과와 일치하였다. 이들 카테킨류는 최근 많은 건강 식품소재로 관심을 받고 있는 물질로 항암 및 항산화 효과, 면역체계 강화, 항혈전 효과, 심장병 예방, 콜레스테롤 예방 등의 효과(41-43)를 가지고 있으며, 버려지는 생강 잎, 줄기를 활용한 기능성 신소재 개발에 이용할 수 있을 것으로 사료된다. 용매 분획물에 따라 카테킨류의 함량은 다르게 나타났지만 줄기에서 헥산층을 제외하고 모든 부분에서 EGC가 가장 높은 함량을 나타냈다. 그리고 총 카테킨류 함량은 잎은 부탄올층(176.32 mg/kg), 줄기는 메탄올 추출물(714.82 mg/kg), 뿌리는 에틸아세테이트층(2,267.26 mg/kg)에서 높은 함량을 나타내었다. Chung와 Yoon(43)은 의하면 용매 분획물의 카테킨류 함량은 헥산, 클로로포름층에는 거의 없었고, 에틸아세테이트와 부탄올 분획물에 높은 함량을 가진다고 보고하여 본 연구 결과 경향과 일치하였다.

항산화 활성

생강 부분별 항산화 활성은 DPPH(20) 및 FRAP(21) assay로 측정하였다. 이들 방법에 의하여 측정된 생강 잎, 줄기, 뿌리의 항산화 활성을 Table 7에 나타내었다. DPPH 방법에 의하여 측정된 항산화능은 생강의 부위별 및 용매분획에 따라 차이를 보였다. 생강 부위별 DPPH 라디칼 소거능은 229.0~899.8 μM 의 범위를 나타냈으며, 잎은 에틸아세테이트층, 줄기는 클로로포름층, 뿌리는 헥산, 클로로포름, 에틸아세테이트층에서 높은 라디칼 소거 활성을 보였다($P < 0.05$). 이러한 결과는 극성보다는 비극성 분획물에서 높은

Table 6. The catechins content of methanol extract and its organic solvent fractions of leaf, stem, and root from *Zingiber officinale*

	EGC	C	EGCG	EC	GCG	ECG	CG	Total contents (mg/kg)
Leaf	MeOH ex. n-Hexane fr.	5.34±0.07 ^c	2.93±0.00 ^{ef}	4.72±0.14 ^b	14.03±0.45 ^c	-	-	46.11±1.13 ^g
	CHCl ₃ fr.	-	-	-	-	-	-	-
	EtOAc fr.	-	0.33±0.00 ^{ef}	0.07±0.00 ^g	0.07±0.00 ^g	1.08±0.07 ^d	0.32±0.00 ⁱ	3.39±0.14 ^j
	BuOH fr.	175.51±6.31 ^c	-	0.20±0.00 ^f	-	0.61±0.01 ^d	-	176.32±6.32 ^c
	Aqueous	-	-	-	-	-	-	-
Stem	MeOH ex. n-Hexane fr.	1.45±0.01 ^g	17.74±0.02 ^b	0.45±0.00 ^f	226.79±5.72 ^b	1.86±0.02 ^e	12.29±0.25 ^c	714.82±6.19 ^b
	CHCl ₃ fr.	-	-	-	3.51±0.32 ^d	2.42±0.01 ^d	0.13±0.00 ^f	9.02±0.39 ^f
	EtOAc fr.	1.37±0.04 ^g	0.06±0.00 ^g	-	1.13±0.01 ^d	0.54±0.00 ^h	-	3.10±0.05 ⁱ
	BuOH fr.	64.67±0.22 ^d	1.36±0.01 ^d	3.49±0.01 ^{de}	0.77±0.02 ^e	3.49±0.01 ^d	3.44±0.01 ^d	77.97±0.31 ^f
	Aqueous	-	-	3.81±0.02 ^d	2.05±0.02 ^c	3.93±0.01 ^d	-	9.80±0.05 ⁱ
Root	MeOH ex. n-Hexane fr.	16.59±0.24 ^f	-	2.73±0.06 ^{ef}	-	1.36±0.08 ^f	0.55±0.00 ^f	22.04±0.38 ^h
	CHCl ₃ fr.	-	-	0.26±0.0 ^f	0.02±0.0 ^d	0.01±0.0 ^d	0.04±0.0 ^f	0.33±0.01 ^j
	EtOAc fr.	1,340.91±3.03 ^a	-	86.98±4.19 ^a	0.58±0.00 ^f	754.08±0.84 ^a	81.46±0.59 ^a	2,267.26±8.76 ^a
	BuOH fr.	44.43±0.10 ^e	8.58±0.11 ^b	8.03±0.02 ^c	1.47±0.04 ^d	2.99±0.00 ^d	22.05±0.01 ^b	93.06±0.31 ^e
	Aqueous	-	61.61±0.60 ^a	-	15.52±0.14 ^a	11.40±0.08 ^c	14.92±0.00 ^a	103.44±0.82 ^d

¹⁾Different superscripts in a column are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.
²⁾-: not detected.

Table 7. DPPH scavenging activity and FRAP values of methanol extract and its organic solvent fractions of leave, stem, and root from *Zingiber officinale*

		DPPH radical scavenging activity ($\mu\text{M TE}^{1)}$)	FRAP ($\mu\text{M TE}^{1)}$)
Leave	MeOH ex.	451.6 \pm 59.91 ^{def2)}	399.8 \pm 14.14 ^{fg}
	Hexane fr.	309.4 \pm 72.39 ^{fg}	609.3 \pm 5.07 ^{bc}
	CHCl ₃ fr.	649.9 \pm 52.65 ^{bc}	187.1 \pm 3.42 ⁱ
	EtOAC fr.	899.8 \pm 53.10 ^a	595.6 \pm 96.99 ^{bcd}
	BuOH fr.	421.5 \pm 49.93 ^{def}	333.6 \pm 8.37 ^{gh}
	Aqueous	646.4 \pm 63.08 ^{bc}	644.8 \pm 21.80 ^b
Stem	MeOH ex.	378.7 \pm 62.70 ^{efg}	186.8 \pm 0.35 ⁱ
	Hexane fr.	229.0 \pm 65.29 ^g	446.4 \pm 2.00 ^f
	CHCl ₃ fr.	786.9 \pm 45.27 ^{ab}	614.2 \pm 3.54 ^{bc}
	EtOAC fr.	525.3 \pm 49.89 ^{cde}	534.4 \pm 4.60 ^{de}
	BuOH fr.	428.6 \pm 49.54 ^{def}	383.8 \pm 7.54 ^{fg}
	Aqueous	383.3 \pm 56.38 ^{efg}	306.0 \pm 1.18 ^h
Root	MeOH ex.	234.4 \pm 49.26 ^g	140.7 \pm 8.01 ⁱ
	Hexane fr.	881.1 \pm 54.72 ^a	4,645.8 \pm 94.99 ^a
	CHCl ₃ fr.	813.9 \pm 56.34 ^{ab}	566.2 \pm 4.24 ^{cde}
	EtOAC fr.	833.2 \pm 49.73 ^a	426.1 \pm 5.77 ^f
	BuOH fr.	362.6 \pm 57.37 ^{efg}	177.8 \pm 6.60 ⁱ
	Aqueous	574.5 \pm 53.15 ^{cd}	519.8 \pm 9.90 ^c

¹⁾TE: Trolox equivalents.

²⁾Different superscripts in a column are significantly different at $P < 0.05$ by Duncan's multiple range test.

항산화 활성을 보이는 것으로 나타났다. 그리고 FRAP value는 140.7~4,645.8 μM 의 범위를 나타냈으며, 메탄올 추출물에서 뿌리 < 줄기 < 잎 순으로 높았다. 뿌리의 핵산층은 메탄올 추출물보다 약 35배 높은 항산화 활성을 보였으며 생강의 잎과 줄기의 부탄올층, 에틸아세테이트층은 뿌리에서 이들 분획물보다 2~3배 높은 항산화 활성을 보였다. Kim 등(40)에서 황 함유 채소의 FRAP value 결과는 마늘 (0.06 mM) < 무(0.14 mM) < 양파(0.25 mM) < 파(0.30 mM) < 부추(1.65 mM) 순으로 보고하였으며, 본 연구 결과에서 잎의 클로로포름층, 줄기의 메탄올 추출물, 부탄올층을 제외하고 부추만큼의 항산화력은 아니지만 파의 항산화력에 준할 만큼 또는 더 높은 항산화 활성을 보였다. Table 7에서 뿌리의 핵산층은 가장 높은 폴리페놀 함량을 나타내었는데, Lee 등(8)도 생강 뿌리 핵산층에서 높은 gingerol과 shogaol 함량을 확인하였다. 생강의 잎, 줄기에서도 높은 항산화 활성을 보인 분획에서 마찬가지로 높은 폴리페놀 함량을 보였다. 이로부터 생강의 높은 항산화 활성은 페놀성 화합물과 서로 밀접한 관계가 있는 것으로 여겨지며 높은 항산화 활성은 6-gingerol 등의 gingerol류 화합물, shogaol류 및 페놀성 화합물이 관여할 가능성을 시사하고 있다.

이상의 이화학적 특성과 생리활성물질 분석 결과로 보아 생강은 뿌리 단독보다는 뿌리와 잎, 줄기를 모두 활용하는 것이 바람직하나, 잎의 경우 식용으로 인정되어 있지 않아 이를 활용하기 위해 식용으로의 허가 추진 및 제도 개선 등이 필요하다.

요 약

생강을 기능성 소재로 이용하기 위하여 생강 부위별 각종 영양성분 분석 및 용매 추출을 달리하여 항산화능 비교 분석, 유효성분으로 gingerol류, shogaol류 및 catechin류를 분석하였다. 일반성분은 생강 잎, 줄기, 뿌리 모두 탄수화물과 회분이 주된 구성성분이었으며, 생강 뿌리에 비해 잎, 줄기에서 조섬유의 함량이 4~5배 유의적으로 높은 값을 보였다 ($P < 0.05$). 그리고 환원당 함량은 뿌리에 비해 줄기에서 약 3배 정도 높았다. 조사포닌 함량은 줄기 < 뿌리 < 잎 순으로 함량이 높았으며, 특히 뿌리보다 잎에서 1.7배 높았다 ($P < 0.05$). 무기질 조성 및 함량은 생강 부위에 따라 큰 차이를 나타내었다. 줄기의 Sr, Ca, K 함량은 뿌리보다 4배 이상 높은 값을 보였으며, 잎의 Ca 함량은 뿌리보다 5배 유의적으로 높은 값을 보였다 ($P < 0.05$). Gingerols, shogaols 및 capsaicin 함량은 생강 뿌리에서 7종 성분 모두 확인되었으며, 잎과 줄기에서도 6-gingerol, 10-gingerol, 8-shogaol을 확인할 수 있었다. 특히 8-shogaol은 뿌리보다 잎에서 5배 높은 함량을 나타내었다. 지방산 함량 및 조성분석에서는 지방산 중 capric acid는 생강 뿌리에서만 검출되었으며, arachidic acid는 잎, 뿌리에서만 검출되었다. 잎은 줄기, 뿌리에 비해 linoleic acid, linolenic acid의 필수지방산 함량이 높았고, 뿌리보다 약 5배 높은 함량을 보였다. 총 페놀 함량 측정 결과, 메탄올 추출물은 뿌리 < 잎 < 줄기 순으로 함량이 높았으며, 분획에서 잎은 물층에서 43.9 g/kg, 줄기는 에틸아세테이트에서 65.5 g/kg, 뿌리는 핵산에서 187.2 g/kg으로 높은 함량을 나타내었다. 그리고 총 플라보노이드 함량은 잎, 줄기의 모든 분획물은 뿌리의 분획물 함량과 비슷하거나 높은 함량을 보였다. Catechin류 함량은 메탄올 추출물에서 뿌리 < 잎 < 줄기 순으로 높았으며, 특히 줄기는 뿌리에 비해 약 30배 높은 함량을 보였다. 항산화 활성은 생강의 잎, 줄기에서도 높은 폴리페놀 함량을 보인 분획물에서 높은 항산화 활성을 보였다. 이 결과로 보아 생강은 뿌리 단독보다는 뿌리와 잎, 줄기를 모두 활용하는 것이 바람직하나 잎의 경우 식용으로 인정되어 있지 않아 이를 활용하기 위한 허가 추진 및 제도 개선이 필요하다.

감사의 글

본 논문은 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ009592)의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Kim JS, Koh MS, Kim YH, Kim MK, Hong JS. 1991. Volatile flavor components of Korean ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Korean J Food Sci Technol* 23: 141-149.
- Seo BI, Byun BH, Shin SS, Kim BH. 2003. *Herbal food*. Bethel Pub. Co., Daegu, Korea. p 102-104, 166-168, 190-192.

3. Lee HM, Kim KT, Lee KH. 2012. Quality characteristics of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) as the ripening periods. *J Fd Hyg Safety* 27: 479-486.
4. Connell DW. 1970. The chemistry of the essential oil and oleoresin of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Flav Ind* 1: 677-693.
5. Sheo HJ. 1999. The antibacterial action of garlic, onion, ginger and red pepper juice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 94-99.
6. Thomson M, Al-Qattan KK, Al-Sawan SM, Alnageeb MA, Khan I, Ali M. 2002. The use of ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) as a potential anti-inflammatory and antithrombotic agent. *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids* 67: 475-478.
7. Cooksley VG. 1996. *Aromatherapy: a lifetime guide to healing with essential oils*. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ, USA. p 349-350.
8. Lee EJ, Yang SA, Choi HD, Im HG, Whang K, Lee IS. 2011. Comparison of gingerols in various fractions and the antioxidant effects of supercritical fluid extracts from ginger. *Korean J Food Sci Technol* 43: 469-474.
9. Lee YB, Kim YS, Ashmore CR. 1986. Antioxidant property in ginger rhizome and its application to meat products. *J Food Sci* 51: 20-23.
10. Surh YJ. 1990. Molecular mechanisms of chemopreventive effects of selected dietary and medicinal phenolic substances. *Mutat Res* 428: 305-327.
11. Lee YK, Ahn SY. 1985. Oxidation prevention effect of gingerol. *Korean J Food Sci Technol* 17: 55-59.
12. Lee SE, Lee SW, Bang JK, Yu YJ, Seong NS. 2004. Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C. A. Meyer. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12: 237-242.
13. Kim GS, Hyun DY, Kim YO, Lee SE, Kwon H, Cha SW, Park CB, Kim YB. 2010. Investigation of ginsenosides in different parts of *Panax ginseng* cultured by hydroponics. *Kor J Hort Sci Technol* 28: 216-226.
14. AOAC. 2005. *Official methods of analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
15. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
16. Dubois M, Gilles KA, Hamilton JK, Revers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal Chem* 28: 350-352.
17. Shibata M, Noguchi R, Suzuki M, Iwase H, Soeda K, Niwayama K, Kataoke E, Hamano M. 1971. Pharmacological studies on medicinal plant components. I. On the extracts of *Ophiopogon* and some folk medicine. *Proc Hoshi Pharm* 13: 66-76.
18. Sato M, Ramarathnam N, Suzuki Y, Ohkubo T, Takeuchi M, Ochi H. 1996. Varietal differences in the phenolic content and superoxide radical scavenging potential of wines from different sources. *J Agric Food Chem* 44: 37-44.
19. Shao W, Powell C, Clifford MN. 1995. The analysis by HPLC of green, black and Pu'er teas produced in Yunnan. *J Sci Food Agric* 69: 535-540.
20. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
21. Benzie IFF, Strain JJ. 1996. The ferric reducing ability of plasma as a measure of antioxidant power, the FRAP assay. *Anal Biochem* 239: 70-76.
22. Ryu BH, Choi MJ, Chung KC, Lee SK. 2012. Effect of extrusion process on the change of components in ginseng. *Korean J Food Sci Technol* 44: 411-416.
23. Park H, Lee MK, Lee CH. 1986. Effect of nitrogen, phosphorus and potassium on ginsenoside composition of *Panax ginseng* root grown with nutrient solution. *J Korean Agric Chem Society* 29: 78-82.
24. Kong BM, Park MJ, Min JW, Kim HB, Kim SH, Kim SY, Yang DC. 2008. Physico-chemical characteristics of white, fermented and red ginseng extracts. *J Ginseng Res* 32: 238-243.
25. Kim SH. 2011. A study on the saponin contents and antioxidant activity of the ginseng and extruded ginseng by using different solvents for extraction. *Korean J Food & Nutr* 24: 528-537.
26. Liu W, Huang W, Sun W, Zhu Y, Ni J. 2010. Production of diosgenin from yellow ginger (*Dioscorea zingiberensis* C.H. Wright) saponins by commercial cellulase. *World J Microbiol Biotechnol* 26: 1171-1180.
27. Lee JH, Nam KY, Kim MS, Bae HW. 1978. Relationship between the mineral nutrients up-take and the age of ginseng plant (*Panax ginseng* C.A. Meyer) *J Korean Agric Chem Society* 21: 58-62.
28. Arnaud J, Bouillet MC, Alary J, Favier A. 1992. Zinc determination in human milk by flameless atomic absorption spectrometry after dry ashing. *Food Chem* 44: 213-219.
29. Otunola GA, Oloyede OB, Oladiji AT, Afolayan AJ. 2010. Comparative analysis of the chemical composition of three spices—*Allium sativum* L., *Zingiber officinale* Rosc. and *Capsicum frutescens* L. commonly consumed in Nigeria. *African J Biotechnol* 9: 6927-6931.
30. Lee GA, Chang YK, Park SY, Kim GA, Kim SH, Park KC, Kim YB, Cha SW, Song BH. 2012. Comparative analysis on concentration and uptake amount of mineral nutrients in different growth stages and temperatures of *Panax ginseng* C.A. Meyer grown with hydroponic culture. *Korean J Medicinal Crop Sci* 20: 251-258.
31. KFDA. 2012. *Korean Food Standards Codex*. KFDA, Seoul, Korea. p 2-1-8.
32. Choi J. 1996. A study of heavy metal contamination on shoreline plants. *MS Thesis*. Kyung Hee University, Seoul, Korea. p 58-59.
33. Choi SN, Chung NY. 2003. The study on the trace metals in potatoes and root vegetables. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19: 223-230.
34. Dugasani S, Pichika MR, Nadarajah VD, Balijepalli MK, Tandra S, Korlakunta JN. 2010. Comparative antioxidant and anti-inflammatory effects of [6]-gingerol, [8]-gingerol, [10]-gingerol and [6]-shogaol. *J Ethnopharmacol* 127: 515-520.
35. Kiuchi F, Iwakami S, Shibuya M, Hanaoka F, Sankawa U. 1992. Inhibition of prostaglandin and leukotriene biosynthesis by gingerols and diarylheptanoids. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* 40: 387-391.
36. Wu H, Hsieh MC, Lo CY, Liu CB, Sang S, Ho CT, Pan MH. 2010. 6-Shogaol is more effective than 6-gingerol and curcumin in inhibiting 12-O-tetradecanoylphorbol 13-acetate-induced tumor promotion in mice. *Mol Nutr Food Res* 54: 1296-1306.
37. Chen CC, Kuo MC, Ho CT. 1986. High performance liquid chromatograph determination of pungent gingerol compounds of ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *J Food Sci* 51: 1364-1365.
38. Zielinski H, Kozłowska H. 2000. Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J Agric Food Chem* 48: 2008-2016.
39. Chanmugam P, Boudreau M, Boutte T, Park RS, Hebert J, Berrio L, Hwang DH. 1992. Incorporation of different types

- of n-3 fatty acids into tissue lipids of poultry. *Poult Sci* 71: 516-521.
40. Kim KH, Kim HJ, Byun MW, Yook HS. 2012. Antioxidant and antimicrobial activities of ethanol extract from six vegetables containing different sulfur compounds. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 41: 577-583.
 41. Ghasemzadeh A, Jaafar HZ, Rahmat A. 2011. Identification and concentration of some flavonoid components in Malaysian young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) varieties by a high performance liquid chromatography method. *Molecules* 15: 6231-6243.
 42. Suganuma M, Okabe S, Sueoka N, Sueoka E, Matsuyama S, Imai K, Nakachi K, Fujiki H. 1999. Green tea and cancer chemoprevention. *Mutat Res* 428: 339-344.
 43. Chung HY, Yoon SJ. 2002. Antioxidant activity of grape seed ethanol extract according to serial solvent fractionation. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 1092-1096.