

비타민 C와 산화 게르마늄 및 셀레늄이 새싹에 미치는 영향

차배천 · 김명동* · 류혜숙**

상지대학교 보건과학대학 제약공학과, *상지대학교 한의과대학 생리학교실,
**상지대학교 보건과학대학 식품영양학과

Effect of Vitamin C, Germanium Oxide and Selenium Treatment on the during Cultivation of Sprouts

Bae Cheon Cha, Myung Dong Kim* and †Hye Sook Ryu**

Dept. of Pharmaceutical Engineering, College of Health Sciences, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

*Dept. of Physiology, College of Oriental Medicine, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

**Dept. of Food & Nutrition, College of Health Sciences, Sangji University, Wonju 220-702, Korea

Abstract

In this study, for development of functional sprouts, we have investigated the change of antioxidant activity and quantity of vitamin C, germanium and selenium according to the addition of vitamin C, germanium oxide and selenium oxide on the during cultivation of various sprouts. We were cultivated the sprouts using water solution added vitamin C, germanium oxide and selenium oxide on the system of cultivation instrument. Analysis of quantity of vitamin C on control group and treatment group were conducted by HPLC. Quantity of germanium and selenium were analyzed by ICP-MS(Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer), and antioxidant activities were checked by DPPH method. As a result, quantity of vitamin C, germanium and selenium on the treatment groups have increased tendency compared to the control group. And antioxidant activity of treatment groups showed increasing tendency compared to the control group.

Key words: functional sprouts, vitamin C, germanium, selenium, antioxidant activity

서 론

생활양식이나 식습관의 변화에 따라 성인병과 암의 발생이 급격히 증가하고 있고, 이에 따른 현상의 하나로 웰빙(Well-being)이라는 용어의 등장과 함께 건강에 대한 관심이 높아지면서 채식이 새로운 식탁문화로 자리 잡아가고 있다. 특히 육류 위주의 식단에서 벗어나 채소 위주로 식단을 구성하는 가정이 점점 늘어남에 따라 강한 항산화 작용 등과 같은 생리 활성을 보이는 기능성 채소에 대한 관심이 높아지고 있다(Han 등 2007; Lee 등 2011). 최근엔 sprout라 불리는 새싹채소가 등장하면서 새로운 건강 먹을거리로 각광을 받고 있다. Sprout란 식물의 싹이나 눈을 의미하는 것으로 어린 채소를

말한다. 식물은 보통 새싹이 돌아나는 시기에 성장력이 가장 왕성하다. 즉, 발아할 때 생명 유지에 필요한 영양소가 응집되어 있고 그 에너지가 새싹으로 나타나기 때문에 이 시기의 식물들은 완전히 자란 것에 비해 비타민과 미네랄 등의 유효 성분이 다량으로 함유되어 있다(Feng P 1997). 이들 채소들은 생산 농가에서 깨끗한 물로 세척해 포장하기 때문에 식당이나 가정에서 씻지 않고도 바로 먹을 수 있으며, 병충해 피해가 오기 전에 수확하므로 세균이나 농약에 대한 걱정을 할 필요가 없다. 또한 sprout는 자동화, 무인화하기 쉽다는 장점을 가지고 있다. 그러나 아직도 그 기능성이 알려져 있지 않은 식물이 많은 데다 시장가능성이 무한히 크다는 점 역시 sprout가 주목받는 또 다른 이유다. 현재 유럽, 미국, 캐나다,

† Corresponding author: Hye Sook Ryu, Dept. of Food and Nutrition, College of Health Sciences, Sangji University, Wonju 220-702, Korea. Tel: +82-33-738-7641, Fax: +82-33-730-7652, E-mail: rhs7420@hanmail.net

호주, 뉴질랜드 등에서는 sprout의 생산량과 소비량이 증가하는 추세이다(Lee & Kim 2008). 동양에서는 일본, 중국, 대만, 홍콩 등지에서 새싹 소비가 꾸준히 늘어나 거의 일반 채소처럼 소비되고 있다. Sprout의 대표적인 예로는 콩나물과 무순으로 이들은 많은 재배가 많이 이루어지고 있으며, 또한 이들의 성장 조절 및 기능성에 대한 연구도 많이 수행되어지고 있다 (Song MR 2001; Kim 등 2002; Ji 등 2003; Kang 등 2005; Park 등 2005). Sprout에 대한 연구로는 지금까지 주로 sprout 종자의 발아시의 발아율과 미생물 오염 및 성장 조건에 대한 연구가 주로 이루어져 왔다(Park 등 2009; Martinez-Villaluenga 등 2008; Park 등 2008). 반면 기능성 sprout 개발을 위한 연구로서는 셀레늄 처리에 따른 발아율과 생장률 및 셀레늄 흡수에 대한 영향 연구(Cheong 등 2009), 재배 조건과 종자 종류에 따른 폴리페놀의 함량 변화 연구(Kim 등 2008; Yoon 등 2006)와 종이 다른 브로콜리와 무순의 발아 시간에 따른 비타민 C 함량과 항산화 활성 차이에 대한 연구(Martinez-Villaluenga 등 2010)와 발아 채소 추출물의 항산화 활성비교(Woo 등 2007) 등이 보고되어져 있지만, 비타민 C와 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄의 동시 첨가 재배에 따른 sprout의 비타민 C, 게르마늄 및 셀레늄의 함량과 항산화 활성 변화에 대한 연구는 보고되어져 있지 않다.

따라서 연구는 최근 각광을 받고 있는 sprout에 대하여 기능성 상품으로서의 개발 연구의 일환으로, sprout의 재배에 있어서 비타민 C와 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄을 첨가한 재배용수로 발아시킨 다양한 sprout에 대하여 강력한 항산화 효과가 알려져 있는(Bendich 등 1986; Yiin & Lim 1998; Tapiero 등 2003) 비타민 C와 게르마늄 및 셀레늄의 함량 변화와 함께 항산화 활성 변화도 실험하여 기능성이 강화된 새로운 sprout로서의 개발 가능성을 검토하고자 하였다. 기능성 sprout 개발을 위한 연구의 일환으로 5종의 sprout인 알팔파, 대파, 브로콜리, 메밀 및 무순에 대하여 일정한 기간(7일) 동안 1차 증류수로 재배한 대조군과 비타민 C와 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄을 첨가한 재배용수로 재배한 실험군에 대하여 비타민 C, 게르마늄 및 셀레늄의 함량 변화 및 항산화 활성 변화를 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험재료

본 실험에 사용한 알팔파, 대파, 브로콜리, 메밀 및 무순의 sprout 씨앗은 원주시 소재 종묘상에서 홍농 종묘 및 제일 종묘 제품을 구매하여 재배하였으며, 표본은 상지대학교 제약공학과 의약화학실험실에 보관 중이다.

2. 기기 및 시약

재배기는 순환장치 수경재배기(Freshlife Sprouter, Tribest, Seoul, Korea)를 사용하였고, 함량 분석용 HPLC로는 Varian (USA)의 9050 Variable Wavelength UV-VIS Detector, 9300 Autosampler, 9012 Solvent Delivery System을 사용하였으며, 유도 결합 플라즈마 질량 분석기(ICP-MS : Inductively Coupled Plasma-Mass Spectrometer)는 Varian(USA)의 Ultramass 700을 사용하여 측정하였다. 흡광도는 Milton-Roy spectronic Genesys-5 UV spectrophotometer를 사용하였다. 항산화 활성 측정용 시약인 DPPH(1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl)는 Aldrich사 제품을 구입하여 사용하였으며, 표준품인 α -tocopherol, BHA, 비타민 C, 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄은 Sigma사 제품을 구입하여 사용하였다. 본 실험의 시약 및 용매는 분석용 특급 또는 1급 시약을 사용하였고, HPLC용 용매는 HPLC grade를 사용하였다.

3. Sprout의 재배

5종류의 씨앗에 대하여 선별한 씨앗을 세척하여 물을 뼀 후 각각의 씨앗마다 일정한 기간(7일) 동안 일정한 간격으로 분무하는 수경재배 장치를 사용하여 sprout를 재배하였다. 이때 대조군은 1차 증류수를 재배용수로 사용하였고, 실험군은 비타민 C(500 mg/1 l), 산화게르마늄(25 mg/1 l) 및 산화셀레늄(25 mg/1 l)을 일정한 농도로 용해시킨 1차 증류수를 재배용수로 사용하여 재배하였다.

4. Sprout 물 추출물 제조

수경 재배한 5종의 sprout인 알팔파, 대파, 브로콜리, 메밀 및 무순을 잘 세척한 후 2일간 실온에서 음건하였다. 각각의 sprout에 대해 H₂O로 3시간씩 3회 환류 추출하여 여과한 후 농축하여 항산화 활성 측정을 위한 각각의 H₂O 추출물을 얻었다.

5. 비타민 C 함량 분석을 위한 HPLC 분석 조건

HPLC 분석 조건은 Choi 등(2005)과 Singh 등(2007)의 비타민 C 분석 조건을 기초로 하여 칼럼은 역상 HPLC용 column (Capcell Pak C18 : 150×4.6 mm: 5 μ m, Shiseido Co.)을 사용하였고, 이동상은 0.05 M sodium acetate buffer(pH 5.2)와 acetonitrile을 사용하여 gradient profile로 최적의 용매 조건을 검토하였다. HPLC의 분석 조건은 Table 1과 같다.

6. 게르마늄과 셀레늄 함량 분석을 위한 ICP-MS 분석 조건

게르마늄과 셀레늄의 함량을 분석하기 위해서 Lee 등(2005)의 방법을 약간 변형시킨 유도 결합 플라즈마 질량 분석(ICP-MS)의 조건은 Table 2와 같다.

Table 1. The analysis condition of HPLC

Instrument				
Pump	9012 Solvent Delivery System, Varian Co.			
Detector	9050 Variable Wavelength UV-VIS Detector, Varian Co.			
Autosampler	9300 Autosampler, Varian Co.			
Column	Capcell Pak C18(150×4.6 mm: 5 μ m), Shiseido Co.			
Operating condition				
UV absorbance	254 nm			
Column temp.	40°C			
Injection vol.	20 μ l			
Mobile phase A	0.05 M sodium acetate buffer, pH 5.2			
Mobile phase B	Acetonitrile			
Gradient profile	Time (min)	%A	%B	Flow (ml/min)
	0:00	30	70	1.0
	2:00	30	70	1.0
	4:00	50	50	1.0
	30:00	50	50	1.0

7. 표준액 조제 및 검량선 작성

표준물질인 비타민 C에 대한 검량선을 작성하기 위하여 비타민 C를 단계적으로 희석하여 농도가 250, 100, 50, 및 25 μ g/ml가 되도록 조제한 후, 15초 간 vortexing 한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 사용하였다. 확립된 HPLC 분석 조건으로 분석하여 얻은 크로마토그램의 피크 면적을 y값으로 표준물질의 농도를 x값으로 하여 표준검량 곡선을 작성하였다. 게르마늄과 셀레늄의 검량곡선은 또한 3차 증류수를 이용하여 게르마늄 및 셀레늄 표준용액을 1,000, 500, 250, 100, 50 μ g/ml가 되도록 조제한 후 ICP-MS로 분석하여 이온 세기 값을 y값으로 표준물질의 농도를 x값으로 하여 표준검량 곡선을 작성하였다.

8. Sprout의 비타민 C 함량 분석

5종의 sprout 알팔파, 대파, 브로콜리, 메밀 및 무순의 비타민 C의 정량은 Martinez-Villaluenga 등(2010)과 Singh 등(2007)의 전처리 방법을 참조하여 수행하였다. 분석용 sprout를 재배한 후 3회 정도 씻은 후 2일간 건조시킨 다음 잘게 자른 시료 1.5 g에 15 ml의 6% HPO₃로 30분 동안 균일하게 초음파 추출 후 0.45 μ m membrane filter로 여과한 후 HPLC로 20 μ l를 주입하여 분석하였다. 분석은 샘플 당 3회 반복 실험을 실시하였다.

Table 2. The analysis condition of ICP-MS

Descriptions	Conditions
R.F. generator	Free running type, 40 MHz
R.F. power	1200 W
Induction coil	3-turn, 1/8 in. copper, 2.6 mm i.d.
Sampling depth	5 mm from load coil, on center
Coolant gas flow rate	15.0 l/min.(Ar), 10 ml/min(ch4)
Auxiliary gas flow rate	1.05 l/min.
Nebulizer gas flow rate	0.92 l/min.
Mass flow controller	4-channel
Sample introduction	Peristaltic pump
Sample uptake flow	1.0 ml/min.
Nebulizer	Cross-flow type
Spray chamber	Double pass type(scott type)
Torch	Demountable
Interface cones	Nickel
Mass analyzer	Quadrupole
Vacuum system	Turbo molecular pumps
Quadrupole chamber	5×10 ⁻⁷ torr
Quantitative mode	
Replicate time(ms)	300
Dwell time(ms)	100
Sweeps/reading	3
Reading/replicate	1
Number of replicates	5
Points/spectral peak	3
Se/mass	77
Scan mode	Peak hopping
Resolution	0.9
Total quant mode mass range	67~87

9. Sprout의 게르마늄 및 셀레늄 함량 분석

2일간 건조시킨 5종 sprout에 대해 Jeong 등(2003)과 Cheong 등(2009)의 전처리 방법을 기초하여 실시하였다. Sprout 1 g을 250 ml Pyrex 비이커에 넣고 고순도 질산 15 ml를 가한 후, 시계침시를 덮고 150°C 정도를 유지하면서 3시간 동안 가열 분해시킨다. 여분의 산을 증발시키고 증류수를 가해 가용성 염을 녹인 후, 실온까지 식히고 5C 거름종이로 거른 후, 100 ml 부피 플라스크에 옮긴 다음 눈금까지 증류수로 희석한다. 전처리를 마친 시료용액을 연동 펌프를 통해 1 ml/min의 속도로 주입시키면서 ICP-MS의 최적기 및 분석 조건에서 이온 세기를 측정하여 셀레늄과 게르마늄의 함량을 분석하였

다. 분석은 샘플 당 3회 반복 실험을 실시하였다.

10. DPPH 라디칼 소거 작용에 의한 항산화 활성 측정

DPPH 라디칼 소거 작용에 의한 항산화 활성은 Boo 등(2009)과 Yoshikawa 등(1994)의 연구 논문을 참조로 하여 다음과 같이 측정하였다. 0.1 M의 초산 완충액(pH 5.5, 2.0 ml)에 시료의 EtOH 용액(2.0 ml) 및 2×10^{-4} M DPPH EtOH 용액(1.0 ml)을 가하여 전량을 5 ml로 하고 실온에 방치한 후, 30분 후 517 nm에서의 흡광도 감소를 3회 반복하여 측정하였다. 시료 무첨가의 control의 흡광도를 1/2로 감소시키는데 필요한 시료의 양(mg)을 tocopherol 및 BHA와 같은 기존의 항산화제를 대조군으로 하여 시험하였다.

결과 및 고찰

본 연구에서는 5종의 sprout인 알팔파, 대파, 브로콜리, 메밀 및 무순에 대하여 일정한 기간 동안 1차 증류수로 재배한 대조군과 비타민 C와 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄을 첨가한 재배용수로 재배한 실험군에 대하여 비타민 C, 게르마늄 및 셀레늄의 함량 변화 및 항산화 활성 변화를 비교 분석하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 물 추출물량과 Sprout의 생장률

발아 후 재배가 끝난 대조군과 실험군 sprout를 잘 세척한 후 2일간 건조시켰다. 재배량의 1/2은 비타민 C와 게르마늄 및 셀레늄의 함량 분석을 위한 시료로 하였고, 시료의 나머지 반은 항산화 효과를 측정하기 위하여 각각의 시료를 H₂O로 3시간씩 2회 환류 추출하여 여과 후 감압 농축하여 Table 3에 나타난 것과 같이 각각의 H₂O 추출물을 얻었다. 재배량 및 물 추출물의 양을 측정한 결과, 비타민 C, 산화 게르마늄 및

Table 3. Amounts of sprout sample and H₂O extract on the control and treatment group of cultivated sprouts

	Sprout	Sample(g)	H ₂ O ext.(g)
Alfalfa	Control	3.07	0.25
	Treatment	1.16	0.13
Allium	Control	5.94	0.29
	Treatment	2.84	0.17
Broccoli	Control	3.84	0.27
	Treatment	1.66	0.29
Buckwheat	Control	2.54	0.23
	Treatment	1.35	0.16
Radish	Control	9.33	1.49
	Treatment	6.84	0.28

산화 셀레늄 무첨가 재배용수로 재배한 sprout가 게르마늄 첨가 농도와 Cheong 등(2009)의 셀레늄 첨가 농도를 참조하고 항산화 활성을 고려하여 비타민 C의 농도를 500 mg/l, 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄을 25 mg/l로 첨가한 재배용수로 재배한 실험군에 비해 건조 중량이 약 2배 정도에 해당하므로 비타민 C와 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄의 첨가에 따라 생장률이 저해되어짐을 알 수 있었다. 이 결과는 셀레늄 처리에 따른 농도별 발아율과 생장률을 비교했을 때 셀레늄의 농도가 높을수록 발아율과 생장률이 감소한다는 Cheong 등(2009)과 Yun 등(2003)의 논문 결과와 유사한 결과를 보였다. 따라서 향후 발아율과 생장률의 개선을 위해 비타민 C와 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄의 농도를 다양하게 조절한 연구가 보완되어져야 할 것으로 사료되었다.

2. 표준물질의 검량곡선 방정식과 상관계수

표준물질인 비타민 C 250 µg을 MeOH 1 ml에 용해시킨 후 확립된 HPLC 조건으로 분석을 실시한 결과 Fig. 1에 나타난 것과 같이 비타민 C는 r.t(retention time) 값을 1.4 분대에 가지는 HPLC 크로마토그램은 보였다. 동시에 Table 4에 나타난 것과 같이 비타민 C를 4개의 농도로 조제한 후 HPLC로 분석하여 얻은 크로마토그램의 피크 면적을 y값으로, 표준물질의 농도를 x값으로 하여 표준 검량 곡선을 작성하였고, 상관계수(Correlation coefficient) R² 값은 0.99999였다. 게르마늄 및 셀레늄도 5개 농도별로 조제한 표준용액을 사용하여 확립된 ICP-MS 조건으로 분석한 결과 Table 4에 나타난 것과 같이 이온 세기를 y값으로, 표준용액의 농도를 x값으로 하여 표준 검량 곡선을 작성하였고 상관계수값(R²)은 게르마늄은 1, 셀레늄은 0.99999였다.

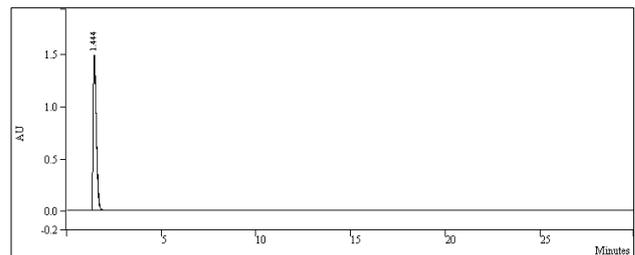


Fig. 1. HPLC chromatogram of ascorbic acid.

Table 4. Calibration curve equations and R² values of ascorbic acid, germanium and selenium

Sample	Equation	R ²
Ascorbic acid	y=0.00003x+0.29555	0.9999
Germanium	y=227.95x+2517	1
Selenium	y=37.813x+290.17	0.9999

3. Sprout의 비타민 C와 게르마늄 및 셀레늄 함량

5종의 sprout 알팔파, 대파, 브로콜리, 메밀 및 무순의 대조군과 실험군에 대한 비타민 C의 함량을 분석한 결과로서 무순의 대조군과 실험군의 HPLC 크로마토그램을 한 예로 Fig. 2에 나타내었으며, 크로마토그램에서 얻은 면적을 검량선에 대입하여 각각의 함량을 계산할 수 있었다(Table 5). 알팔파의 경우 대조군의 비타민 C 함량은 20.2 mg/100 g으로 이는 Son DM(2009)의 LED 처리한 알팔파 새싹의 비타민 C 함량인 70.6~77.6 mg/100 g보다는 낮은 함량을 보였고, 실험군의 비타민 C 함유량은 43.5 mg/100 g이었다. 대파의 경우 대조군의 비타민 C 함량은 30.3 mg/100 g으로서, 이는 Kim 등(2004)이 유기농으로 재배한 파에 함유된 비타민 C 함량이 21 mg/100 g이라고 보고한 것에 비하면 대파의 새싹은 파보다 많은 비

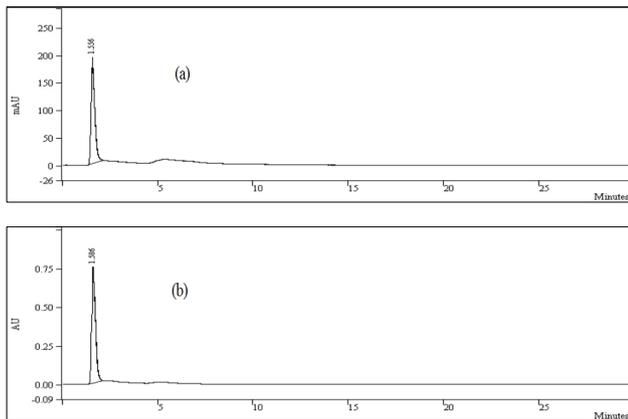


Fig. 2. HPLC chromatogram of ascorbic acid on the control(a) and treatment(b) of radish.

Table 5. Contents of ascorbic acid, germanium and selenium on the control and treatment group

Sample		Ascorbic acid (mg/100 g)	Germanium (mg/g)	Selenium (mg/g)
Alfalfa	Control	20.2±0.18	-	-
	Treatment	43.5±0.12	0.06±0.02	0.31±0.02
Allium	Control	30.3±0.13	-	-
	Treatment	202.7±0.14	0.21±0.03	0.74±0.05
Broccoli	Control	31.0±0.17	-	-
	Treatment	192.7±0.15	0.15±0.02	0.61±0.03
Buckwheat	Control	45.1±0.18	-	-
	Treatment	191.7±0.17	0.12±0.02	0.58±0.03
Radish	Control	45.3±0.13	-	-
	Treatment	195.5±0.15	0.15±0.03	0.65±0.04

Values represent the average of the three replicates±standard deviation(S.D.).

타민 C를 함유하고 있고, 실험군은 202.7 mg/100 g의 비타민 C의 함량을 보였다. 브로콜리는 대조군의 비타민 C 함량은 31.0 mg/100 g으로 Singh 등(2007)이 브로콜리의 비타민 C 함량이 브로콜리의 종에 따라 22.5~82.3 mg/100 g이라고 발표한 논문과 50.3~349.6 mg/100 g의 비타민 C를 함유한다는 Martinez-Villaluenga 등(2010)의 보고에 의해 본 연구에 사용된 브로콜리의 종자는 브로콜리 종 가운데서 비타민 C의 함량이 낮은 종의 하나로 추정되어졌고, 실험군은 192.7 mg/100 g였다. 메밀도 대조군의 비타민 C 함량이 45.1 mg/100 g으로 7일간 재배 시 최대 171.5 mg/100 g까지 함유될 수 있다고 보고한 논문(Kim 등 2004)에 비하면 낮은 함유량을 보였고, 실험군은 191.7 mg/100 g으로 증가하였다. 또한 무순의 경우, 대조군의 비타민 C 함량은 45.3 mg/100 g으로 이는 Waje 등(2009)이 무순은 비타민 C를 56~74 mg/100 g 함유하고 있다고 보고한 논문보다는 함량이 낮은 결과를 보이고 있으나, 무순의 비타민 C 함유량이 25.1~113.3 mg/100 g이라는 Martinez-Villaluenga 등(2010)의 보고와 비교해볼 때는 함량 범위 내에 있음을 알 수 있었고, 실험군은 195.5 mg/100 g으로 증가하였다. 이상의 결과, sprout의 종에 따라 약간의 차이는 있으나, 대조군의 비타민 C 함량은 이미 발표되어진 논문에 비해 낮은 비타민 C 함량을 전반적으로 보이고 있다. 또한 5종의 sprout 알팔파, 대파, 브로콜리, 메밀 및 무순의 대조군과 실험군에 있어서 게르마늄과 셀레늄의 함량은 각 sprout의 검액에서 얻은 이온 세기를 표준 용액으로부터 얻어진 검량선에 대입하여 각각의 함량을 계산하여 Table 5에 나타내었다. 대조군에서는 거의 관측되지 않던 게르마늄과 셀레늄이 실험군에서는 함량 증가가 확인되었지만, 게르마늄의 함량은 0.31~0.74 mg/g의 범위에서, 그리고 셀레늄은 0.06~0.21 mg/g의 함량 분포를 나타냄으로서 sprout의 종류에 따라 함량 증가가 큰 차이를 보였다. 이는 Han 등(2007)과 Cheong 등(2009)이 게르마늄과 셀레늄의 흡수에 있어 품종별 및 작물별로 차이가 많이 난다는 보고와 유사한 결과를 보이고 있다. 그러나 5종 sprout에 있어서 게르마늄과 셀레늄 함량은 비타민 C에서와 마찬가지로 Han (1998) 등과 Cheong 등(2009) 및 Park 등(2002)이 보고한 다른 채소류의 발아에 의한 sprout에 있어서의 게르마늄과 셀레늄 농도보다는 낮은 함량을 보이고 있는데, 이는 다른 연구와 달리 본 연구에서는 비타민 C와 산화 게르마늄 및 산화 셀레늄과 같이 항산화 활성이 기대되는 3종의 물질을 혼합한 재배 용수로 재배함에 따라 흡수율과 생장률에 영향을 미침으로 단일 물질로 재배한 sprout에 비해서는 낮은 함량을 보이고 있다고 생각된다. 그러나 기능성 물질을 함유한 용수로 재배한 실험군은 2~6배의 비타민 C 함량 증가와 함께 소량의 게르마늄과 셀레늄의 함량 증가를 나타냄으로써 sprout의 재배 시 기능성 물질을 함유한 용수로 재배할 경우에는 이들 물질

의 함량 증가는 가능할 것으로 생각된다.

4. 항산화 활성

천연항산화제인 α -tocopherol과 합성항산화제인 BHA를 대조군으로 하여 항산화 시험을 한 결과, Table 6에서와 같이 DPPH radical을 50% 억제하는데 필요한 각종 sprout의 물 추출물 함량이 알팔파는 0.120에서 0.076 mg으로, 대파는 0.093에서 0.048 mg으로, 브로콜리는 0.092에서 0.054 mg으로, 메밀은 0.075에서 0.055 mg으로 또한 무순도 0.063에서 0.052 mg으로 감소하는 등 비타민 C와 산화게르마늄 및 산화셀레늄을 첨가한 용수로 재배한 sprout가 대조군의 sprout에 비하여 비타민 C와 게르마늄 및 셀레늄의 함량 증가에 따라 항산화 효과도 증가하였다.

결론

Sprout의 발아 재배 시에 비타민 C와 산화게르마늄 및 산화셀레늄과 같은 항산화 활성 물질을 첨가한 재배용수로 발아시킨 sprout는 증류수로만 발아시킨 sprout와 비교하여 비타민 C와 게르마늄 및 셀레늄의 함량 증가를 보였고, 동시에 항산화 활성도 증가하였다. 이 결과는 sprout의 발아 재배 시에 다양한 기능성 물질을 첨가하여 함량 증가를 유도하는 것이 가능하며, 이는 결국 생물 활성을 증대시킨 새로운 기능성 식품 및 소재의 개발 가능성을 시사하고 있다. 더 나아가 항산화 활성이 증가된 새싹을 활용한 다양한 메뉴 활용에 기초

Table 6. Radical scavenging effect of H₂O extracts of sprout on DPPH method

Sample	50% reduction(mg) ^a
Tocopherol	0.022±0.001
BHA	0.015±0.001
Alfalfa	Control 0.120±0.003 Treatment 0.076±0.002
Allium	Control 0.093±0.004 Treatment 0.048±0.001
Broccoli	Control 0.092±0.004 Treatment 0.054±0.002
Buckwheat	Control 0.075±0.003 Treatment 0.055±0.002
Radish	Control 0.063±0.003 Treatment 0.052±0.002

^a Amount required for 50 % reduction of DPPH(2×10^{-7} mM, 0.079 mg) solution, Values represent the average of the four replicates± standard deviation(S.D.).

자료로 활용되기를 기대한다.

참고문헌

- Bendich A, Machlin LJ, Scandurra O, Burton GW, Wayner DM. 1986. The antioxidant role of vitamin C. *Free Radic Biol Med* 2:419-423
- Boo HO, Lee HH, Lee JW, Hwang SJ, Park SU. 2009. Different of total phenolics and flavonoids, radical scavenging activities and nitrite scavenging effects of *Momordica charantia* L. according to cultivars. *Korean J Medicinal Crop Sci* 17: 15-20
- Choi WS, Kim YJ, Jung JY, Kim TJ, Jung BM, Kim EY, Jung HK, Chun HN. 2005. Research for selecting the optimized vitamin C analysis method. *Korean J Food Sci Technol* 37: 861-869
- Cheong YH, Han MJ, Sung SJ, Seo DC, Kang JG, Sohn BK, Heo JS, Cho JS. 2009. Effects of selenium supplement on germination, sprout growth and selenium uptake in four vegetables. *Korean J Environ Agric* 28:179-183
- Feng P. 1997. A Summary of Background Information and Food-borne Illness Associated with the Consumption of Sprouts. Center for Food Safety and Applied Nutrition. Washington, D.C
- Han MJ, Kim SU, Seo DC, Cheong YH, Lee DJ, Park MS, Rim YS, Sohn BK, Heo JS, Cho JS. 2007. Uptake properties of germanium to vegetable plants and its effect of seed germination and on early stage growth. *Korean J Environ Agric* 26:217-221
- Jeong JH, No SC, Han SS. 2003. Rapid determination of germanium in plants using the inductively coupled plasma spectrometry and production of the soybean sprout cultured with the organic germanium aqueous solution. *J Life Sci & Nat Res* 25:66-72
- Ji JH, Yang JS, Kim NG, Heo JH. 2003. Effect of chitosan treatment on growth and shelf life of soybean sprouts. *J Chitin Chitosan* 8:214-219
- Kang JH, Park CJ, Yoon SY, Jeon SH, Hong DO. 2005. Lateral root formation and growth of soybean sprouts treated with various solutions. *Korean J Medicinal Crop Sci* 13:6-10
- Kim EJ, Lee KI, Park KY. 2002. Effects of germanium treatment during cultivation of soybean sprouts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:1150-1154
- Kim SJ, Zaidul IS, Suzuki T, Mukasa Y, Hashimoto N, Takigawa

- S, Noda T, Matsuura-Endo C, Yamauchi H. 2008. Comparison of phenolic compositions between common and tartary buckwheat(*Fagopyrum*) sprouts. *Food Chem* 110:814-819
- Kim HY, Lee KB, Lim HY. 2004. Contents of minerals and vitamins in organic vegetable. *Korean J Food Preserv* 11: 424-430
- Kim SL, Kim SK, Park CH. 2004. Introduction and nutritional evaluation of buckwheat sprouts as a new vegetable. *Food Res Int* 37:319-324
- Lee CK, Cho KC, Lee JH, Cho JY, Seo BS, Yang WM. 2005. Effects of selenium supplying methods on the growth and Se uptake of hydroponically grown tomato plants. *J Bio-Environ Control* 14:284-290
- Lee HJ, Pak HK, Jang JS, Kim SS, Han CK, Oh JB, Do WY. 2011. Antioxidant activity and quality characteristics of American cookies prepared with job's tears *Chungkukjang* powder and wheat bran powder. *Korean J Food & Nutr* 24: 85-93
- Lee EH, Kim CJ. 2008. Nutritional changes of buckwheat during germination. *Korean J Food Culture* 23:121-129
- Martinez-Villaluenga C, Penas E, Ciska E, Piskula MK, Kozłowska H, Vidal-Valverde C, Frias J. 2010. Time dependence of bioactive compounds and antioxidant capacity during germination of different cultivars of broccoli and radish seeds. *Food Chem* 120:710-715
- Martinez-Villaluenga C, Frias J, Gulewicz P, Gulewicz K, Vidal-Valverde C. 2008. Food safety evaluation of broccoli and radish sprouts. *Food Chem Toxicol* 46:1635-1640
- Park EJ, Lee KI, Park KY. 2002. Quantity analysis of nutrients in soybean sprouts cultured with germanium. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31:1150-1157
- Park EJ, Kwon JH, Lee YK. 2009. Germination rate and microbial safety during cultivation disinfected seeds. *Korean J Food Preserv* 16:292-298
- Park CJ, Kang JH, Yoon SY, Jeon SH, Kim HK. 2005. Effect of *Eucommia ulmoides* Oliver leaf extract concentration on growth and morphological characteristics of soybean sprouts. *Korean J Medicinal Crop Sci* 13:17-24
- Park KJ, Lim JH, Kim BK, Kim JC, Jeong JW, Jeong SW. 2008. Effect of aqueous choline dioxide and citric acid on reduction of *Salmonella typhimurium* on sprouting radish seeds. *Korean J Food Preserv* 15:754-760
- Singh J, Upadhyay AK, Prasad K, Bahadur A, Rai M. 2007. Variability of carotenes, vitamin C, E and phenolics in brassica vegetables. *J Food Compost Anal* 20:106-109
- Son DM. 2009. Effect of LED light on the seed germination, nutritional composition and physiological activities of sprout vegetable. Ph.D. Thesis, Sunchon National Uni. Sunchon. Korea
- Song MR. 2001. Volatile flavor components of cultivated radish (*Raphanus sativus* L.) sprout. *Korean J Food & Nutr* 14: 20-26
- Tapiero H, Townsend DM, Tew KD. 2003. The antioxidant role of selenium and seleno-compounds. *Biomed Pharmacother* 57:134-139
- Waje CK, Park JH, Kim GR, Moon KD, Kwon JH, Kim YR, Han BS, Lee, YK. 2009. Effect of irradiation of red radish seeds on the seed viability and functional properties of sprouts. *Food Sci Biotechnol* 18:390-396
- Woo N, Song ES, Kim HJ, Seo MS, Kim AJ. 2007. The comparison of antioxidative activities of sprouts extract. *Korean J Food & Nutr* 20:356-362
- Yiin SJ, Lin TH. 1998. Effects of metallic antioxidants on cadmium-catalyzed peroxidation of arachidonic acid. *Ann Clin Lab Sci* 28:43-49
- Yoshikawa M, Harada E, Miki A, Tsukamoto K, Liang SQ, Yamahara J, Murakami N. 1994. Antioxidant constituents from the fruit hulls of Mangosteen(*Garcinia mangostana* L.) originating in Vietnam. *Yakugaku Zasshi* 114:129-134
- Yoon YH, Lee JG, Jeong JC, Ok HC, Kim CG. 2006. Effect of temperature and light on the antioxidative polyphenols contents in tatar buckwheat sprout. *Korean J Crop Sci* 51:378-382
- Yun HK, Kim YC, Seo TC, Lee SG, Suh HD, Lee JG, Lee SH. 2003. Effect of selenium source and concentrations on growth and quality of leafy lettuce and garland Chrysanthemum in deep flow culture. *J Kor Soc Hort Sci* 44:447-452

접 수 : 2011년 5월 16일
 최종수정 : 2011년 6월 25일
 채 택 : 2011년 6월 28일