

순무 싹의 화학성분과 생리기능성

하진옥 · 하태만 · 이재준 · 김아라 · 이명렬[†]

조선대학교 식품영양학과

Chemical Components and Physiological Functionalities of *Brassica campestris* ssp *rapa* Sprouts

Jin Ok Ha, Tae Man Ha, Jae Joon Lee, Ah Ra Kim, and Myung Yul Lee[†]

Dept. of Food and Nutrition, Chosun University, Gwangju 501-759, Korea

Abstract

This study was carried out to investigate physicochemical and functional properties of dried *Brassica campestris* ssp *rapa* (BR) sprouts. The proximate compositions of BR sprouts as dry matter basis were 2.35% of moisture content, 22.51% of crude protein, 21.60% of crude lipid, 4.35% of crude ash, and 49.19% of carbohydrate, respectively. The free sugars were identified as glucose and fructose. Analyzing total amino acids, 18 kinds of components were isolated from BR sprouts. The essential amino acid contained in BR sprouts accounted for 47.00% of total amino acid, while the non-essential amino acid accounted for 53.00%. The contents of vitamin A and vitamin E were 0.09 mg% and 3.06 mg%, respectively. Tartaric acid was the major organic acid. Among the minerals in dried BR sprouts, the content of potassium was the highest (882.50 mg%) and those of magnesium and calcium were comparatively high (342.85 mg%, 274.30 mg%). BR sprouts ethanol extract significantly inhibited the HMG-CoA reductase activity in a concentration-dependent manner *in vitro*. Furthermore, nitrite scavenging ability and DPPH radical scavenging activity of the ethanol extract of BR sprouts were 64.25% and 69.29% at a concentration of 1,000 µg/mL, respectively. These results suggest that BR sprouts possess potential antioxidative capacity and HMG-CoA reductase inhibitory activity.

Key words: *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts, chemical components, HMG-CoA reductase, antioxidative activity

서 론

최근 생활수준의 향상에 따라 웰빙(well-being)이나 LOHAS(Lifestyles of Health and Sustainability) 붐으로 인하여 건강한 삶에 대한 소비자의 관심이 높아지면서 식품 선택 및 섭취에 있어서 좀 더 기능성을 갖춘 식품을 선호하는 추세이다. 이러한 소비 경향의 변화에 따라 유기농산물이 각광을 받고 있으며 이에 발아채소(seed sprouts)에 대한 인식과 관심이 높아지고 있다. 우리나라의 경우 예로부터 즐겨 먹었던 콩나물, 숙주나물 및 무순이 대표적인 발아채소이며 (1), 이외에 유채, 메밀, 브로콜리, 알파파, 녹두, 배추, 양배추, 케일 등이 있다.

발아채소는 싹이 발아 후 1주 남짓 된 잎이 1~3개 정도 되는 어린 채소를 말하며, 다 자란 채소보다 비타민과 무기질을 비롯한 식이섬유소와 기능성 생리활성 물질을 다량 함유하고 있다고 알려져 있다(2,3). 본 잎이 나오기 전의 어린 떡잎상태일 때가 이러한 유용한 생리활성 물질의 생성량이 최대가 되며 완전히 자란 식물에 비하여 4~100배 이상 함유

하고 있다(4,5). 발아채소는 일반적인 엽채소와는 달리 생장이 빠르고 생산량이 많으며, 신선하고 부드러워 소비자에게 좋은 식미감을 제공하고, 무농약 재배가 가능하여 농약살포에 따른 채소의 잔류 농약 및 과다시비로 인한 질소성분의 과잉축적으로부터 안전하다는 장점을 가지고 있어 건강 기능성식품 소재로 소비가 늘어나고 있다(6).

순무(*Brassica rapa*)는 양귀비목(Papaveraceae) 십자화과(Brassicaceae)의 두해살이풀로서 여름철에 파종해서 가을에 발아하고 다음해 봄에 꽃줄기가 자란 후 노란 십자꽃이 피며 뿌리와 잎을 식용할 수 있는 채소이다. 동의보감에 의하면 봄에는 새싹을 먹고 여름에는 잎을 먹으며, 가을에는 줄기를 먹고 겨울에는 뿌리를 먹는 순무는 맛이 달고 오장에 이로우며, 이노와 소화를 돕고 중기를 치료하며 순무의 씨는 눈과 귀를 밝게 하고 황달을 치료하며 갈증 해소작용 등 다양한 용도로 사용되기도 하였다고 한다. 뿌리의 모양은 팽이와 유사하고 껍질색은 적자색 또는 녹색을 띠며 무보다 순한 맛을 지니나 무와는 다른 독특한 맛을 나타낸다(7). 순무의 알려진 효능으로는 개위(開胃), 하기(下氣), 이습(利濕), 해

[†]Corresponding author. E-mail: mylee@mail.chosun.ac.kr
Phone: 82-62-230-7722, Fax: 82-62-225-7725

독 효과가 있고, 식체, 황달, 당뇨병의 치료 효과가 있으며, 약리작용으로는 세균, 진균, 효모 및 수종의 기생충을 억제하는 작용이 있는 것으로 알려져 있다(8).

순무에 대한 성분연구로는 순무의 이화학적 특성(9) 및 효소활성(10), 순무 뿌리 중 성분분석(11), 잎으로부터 분리된 휘발성 isothiocyanate 연구(12), 순무 잎의 플라보노이드 성분 분석(13), 순무 씨앗 껍질부위의 탄수화물, 폴리페놀 및 리그닌 함량(14), 씨앗 중 glucosinolate의 분리, 동정에 관한 연구(15), myrosinase 활성(16), 가용성 및 불용성 식이 섬유소의 함량 분석(17), 가열 전후 순무 중의 glucosinolate 함량 변화(18), deep-frying법을 이용한 순무 뿌리의 가공(19), 유산균 발효액의 제조(20), 순무피클에서의 젖산발효(21), 순무 뿌리로부터 인돌화합물의 분리 및 human acyl coenzyme A:cholesterol acyltransferase(hACAT) 저해활성(22), d-galactosamine 유발 간 장애 보호효과(23) 등 순무에 대한 연구가 국내·외적으로 꾸준히 진행되고 있다.

그러나 순무를 대상으로 한 연구는 많이 보고되어 있지만 순무 썩에 대한 연구는 보고된 자료가 매우 미진한 실정이며, 최근 우리나라는 발아채소에 대한 수요와 관심이 급속도로 증가하고 있다는 점에서 순무 썩의 폭 넓은 활용 가능성을 보여주고 있다.

따라서 본 연구는 순무 썩의 다양한 기능성식품 소재로의 이용성을 높이는 데 있어 기초적인 자료로 활용하고자, 순무 썩의 일반성분과 영양성분을 분석하고 생리활성 기능을 검증하여 기능성식품 개발 방안을 모색하고자 실시하였다.

재료 및 방법

재료

순무(*Brassica campestris* ssp *rapa*) 썩은 2008년 3월에 아시아종묘(주)에서 구입하였는데, 순무 종자를 시료 부피 5배의 물에서 24시간 동안 침지시킨 후 발아가 종료되면 재배실로 옮겨 특별히 제작된 순무 썩 재배기를 이용하여 암소에서 4시간마다 20분간 살수하면서 7일 동안 수경재배 한 것으로 크기가 30~40 mm 내외 정도인 것을 사용하였다. 구입한 순무 썩은 가피를 제거시킨 후 흐르는 물에서 3회 수세한 다음 동결건조하고 분쇄하여 분말로 제조한 후 -70°C에서 냉동보관하면서 시료로 사용하였다. 각 실험항목에 대한 시료의 분석은 3회 반복 실시하였다.

일반성분

일반성분은 AOAC 방법(24)에 준하여 실시하였는데, 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 micro-kjeldahl법, 조지방은 soxhlet 추출법, 조회분은 건식 회화법으로 분석하였고, 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방 및 조회분의 함량을 제외한 값으로 하였다.

구성당 분석

구성당 분석은 Gancedo 방법(25)에 준하여 실시하였다.

시료 1 g에 80% ethanol 50 mL를 가하여 heating mantle에서 75°C로 5시간 가열한 다음 Whatman filter paper(No. 2)로 여과하고 여액을 rotary vacuum evaporator에서 감압농축 후 10 mL로 정용하여 Ion Chromatography(DX-600, Dionex, CA, USA)로 분석하였으며, 분석조건은 Carbo Pac™-PA10 analytical(4×250 mm)과 용출용매 Ca-EDTA(500 mg/L)를 조합하였다. 전처리된 시료 1 mL를 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 column에 20 µL씩 주입하였다. 이때의 column 온도는 90°C를 유지하였다. 용출 용매는 0.5 mL/min로 흘러보냈으며, 검출은 reactive index detector를 이용하였다.

유기산 분석

유기산 분석은 AOAC 방법(24)에 따라 시료 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 80°C 수조에서 4시간 가열한 다음 Whatman filter paper(No. 2)로 여과하고, 여액을 rotary vacuum evaporator로 감압·농축한 후 증류수로 10 mL로 정용하여 Ion Chromatography(DX-600, Dionex)로 분석하였으며, 분석조건은 검출기는 Photodiode Array Detector(M990, Waters, MA, USA), column은 Supelcogel™ C-610H column(300×3.9 mm, 4 µm)을 이용하여 실시하였다. 이 외의 분석조건으로는 wavelength는 200~300 nm(main 210 nm), flow rate는 0.5 mL/min, injection volume은 15 µL, 이동상은 0.1% phosphoric acid를 각각 사용하였다.

비타민 분석

순무 썩의 비타민 A와 비타민 E 분석은 식품공전법(26)의 시험방법을 기준으로 수행하였다. 시료 0.5 g, ascorbic acid 0.1 g 및 에탄올 5 mL를 취하여 80°C에서 10분간 가열한 후 50% KOH 용액 0.25 mL를 첨가하고, 같은 온도에서 20분간 가수분해 시킨 후, 증류수 24 mL와 hexane 5 mL를 가하여 1,150×g에서 20분간 원심분리 시킨 다음 상층액을 separate funnel에 옮겨 담았다. Separate funnel에 증류수를 약간 가하여 10분간 방치하였다가 하층을 제거하고 이를 3회 반복한 후, 남아있는 수분은 Na₂SO₄로 완전 제거한 다음 여과하였다. 여액을 N₂ gas로 헥산을 휘발, vitamin A와 E 용액을 2 mL로 농축하여 HPLC(LC-10AVP, Shimadzu, Kyoto, Japan)로 측정하였으며, 분석조건으로 column은 shim-pack GLC-ODS(M) 25 cm을 사용하였고, 비타민 A와 비타민 E 분석을 위한 detector는 SPD-10A(UV-VIS detector 254 nm)와 RF-10A(Spectrofluorometric detector)를 각각 사용하였다.

무기질 분석

순무 썩의 무기질 분석은 AOAC 방법(24)에 따라 시료 0.5 g, 20% HNO₃ 10 mL 및 60% HClO₄ 3 mL를 취하여 투명해질 때까지 가열한 후 0.5 M HNO₃으로 50 mL로 정용하였다. 분석항목별 표준용액을 혼합 후 다른 vial에 8 mL씩 취하여 표준용액으로 하였고 0.5 M HNO₃을 대조구로 하여

원자흡수분광광도계(AA-6501GS, Shimadzu)로 분석하였으며 분석조건은 다음과 같다. Acetylene flow rate는 2.0 L/min, air flow rate는 13.5 L/min의 조건으로 Ca(422.7 nm), K(766.5 nm), Zn(213.9 nm), Mg(285.2 nm), Mn(279.5 nm), Na(589.0 nm), Fe(248.3 nm) 및 Cu(324.8 nm)를 분석정량하였다.

아미노산 분석

순무 썩의 구성아미노산의 분석은 분해관에 건조된 시료 0.5 g과 6 N HCl 3 mL를 취하여 탈기하고 121°C에서 24시간 가수분해한 다음 여액을 rotary vacuum evaporator로 감압 농축하여 sodium phosphate buffer(pH 7.0) 10 mL로 정용하였다(27). 용액 1 mL를 취하고 membrane filter(0.2 µm)로 여과한 다음 아미노산자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia Biotech, Cambridge, England)로 분석하였으며, column은 Ultrapace II cation exchange resin column(11±2 µm, 220 mm)을 사용하였고, 0.2 N Na-citrate buffer 용액(pH 3.20, 4.25 및 10.00)의 flow rate는 40 mL/hr, ninhydrin 용액의 flow rate는 25 mL/hr, column 온도는 46°C, 반응 온도는 88°C로 하였고, analysis time은 44 min으로 하였다.

지방산 분석

지방산 분석은 AOAC 방법(24)에 따라 시료 5 g을 warming blender에 넣고 chloroform 10 mL와 methanol 20 mL를 가하고 2분간 균질화한 다음 chloroform 10 mL를 더 가한 후 30초간 균질화하였다. 여과 후 30분간 방치한 후 상층을 제거하고 무수 Na₂SO₄를 가하여 탈수한 다음 rotary vacuum evaporator로 감압 농축하였다. 지방 100 mg을 toluene 5 mL에 용해하고 Wungaarden의 방법(28)에 따라 BF₃-methanol로 메칠화 하여 Gas Chromatography(GC-10A, Shimadzu)로 분석하였으며, 기기 분석조건은 column은 SPTM-2560 capillary column(100 mm length×0.25 mm i.d.×0.25 µm film thickness)을 사용하였고, column 온도는 170°C에서 5분간 유지한 후 250°C까지 4°C/min로 승온하였다. Injection 및 detector 온도는 270°C로 하였고, N₂ flow rate는 0.6 mL/min(split ratio=80:1)으로 하여 분석하였다.

추출물의 조제

동결건조 한 순무 썩 분말 100 g 당 80% 에탄올 500 mL에 넣어 65°C에서 환류냉각관을 부착한 65°C의 heating mantle에서 3시간 동안 3회 추출한 다음 Whatman filter paper(No. 2)로 여과하였다. 여액을 40°C 수욕 상에서 rotary vacuum evaporator로 용매를 제거하고 감압·농축한 후 동결 건조시켜 고형물 함량을 산출한 다음(29), 시료의 산화방지를 위하여 -70°C에 냉동 보관하면서 사용하였다.

3-Hydroxy-3-methylglutaryl-CoA(HMG-CoA) reductase 활성 측정

HMG-CoA reductase 저해활성 측정은 Kleinsek 등의 방

법(30)을 변형하여 측정하였다. 반응액의 제조는 0.5 µM phosphate buffer(pH 7.0) 100 µL, 20 mM dithiothreitol 100 µL, 3 mM β-NADPH 100 µL, 앞서 제조한 HMG-CoA reductase 효소원 100 µL을 cuvette에 넣은 다음, 이 반응액은 온도 37°C에서 preincubation시킨 다음 0.3 mM HMG-CoA 100 µL와 순무 썩 추출물 100 µL를 넣은 후 3분간 340 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다. 순무 썩 에탄올 추출물 시료는 dimethyl sulfoxide(DMSO)로 농도 별(25, 50 및 100 µg/mL)로 용해하여 반응액에 첨가하였으며, 음성대조군은 DMSO만을 첨가하였으며, 양성대조군으로는 현재 시판 중인 고지혈증 치료제인 lovastatin(7)을 사용하였다.

아질산염 소거능

아질산염 소거능(nitrite scavenging ability, NSA) 측정에는 Kato 등의 방법(31)에 준하여 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 추출물 시료 0.02 mL를 가하고 0.1 N HCl(pH 1.2), 0.2 M citrate phosphate buffer(pH 4.2, pH 6.0)로 각각 pH를 보정한 다음 반응액의 부피를 10 mL로 정용하였다. 용액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 1 mL씩 취하고 2% 초산 5 mL와 30% 초산에 용해한 Griess 시약(1% sulfanylic acid:1% naphthylamine=1:1) 0.4 mL를 가하여 15분간 방치한 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조군은 증류수를 가하여 상기와 동일한 방법으로 측정하였으며, 아질산염 소거능은 추출물의 시료를 첨가하기 전과 후의 아질산염 백분율(%)로 표시하였다.

$$\text{아질산염 소거율(\%)} = 1 - \frac{(A-C)}{B} \times 100$$

A: 1 mM NaNO₂ 용액에 분획을 첨가하여 1시간 방치시킨 후의 흡광도

B: NaNO₂ 용액의 흡광도

C: 분획 자체의 흡광도

DPPH radical 소거활성

시료의 전자공여능 측정을 Blois의 방법(32)에 준하여, 순무 썩 에탄올 추출물의 DPPH에 대한 수소공여능을 측정하였다. DPPH 16 mg을 에탄올 100 mL에 용해하고 20초간 진탕한 후 517 nm에서 흡광도가 0.93~0.97이 되도록 적당량의 에탄올을 가하여 DPPH 용액으로 하였다. DPPH 용액 2 mL와 순무 썩 에탄올 추출물 2 mL를 시험관에 취하고 vortex mixer로 5초간 진탕하여 517 nm에서 반응시간에 따른 순무 썩 에탄올 추출물의 환원력을 측정하였다. DPPH radical을 50% 소거시키는 시료의 농도를 RC₅₀으로 하였으며 양성대조군으로 합성항산화제인 BHT를 사용하였다.

$$\text{DPPH radical 소거활성(\%)} = (A_{\text{control}} - A_{\text{sample}}) \times 100$$

A_{control}: 음성대조군(분획 미첨가)의 흡광도

A_{sample}: 실험군(분획 첨가)의 흡광도

통계처리

본 실험은 독립적으로 3회 이상 반복 실시하여 얻은 결과로 결과는 실험군당 평균으로 나타내었고, SPSS 통계 package를 이용하여 일원배치 분산분석(one-way analysis of variance)을 한 후 $p < 0.05$ 수준에서 Tukey's test에 의하여 각 실험군의 평균치간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

본 실험에서 사용한 순무 싹 건조분말의 일반성분 함량은 Table 1과 같다. 발아에 의한 영양소의 함량 변화를 평가할 때에는 실질적인 고형물의 변화가 중요하기 때문에 습량기준보다는 건량기준이 효과적이라고 보고(33,34)되어 본 연구에서도 건량기준으로 일반성분 및 영양성분 함량을 관찰하였다. 7일간 발아시킨 순무 싹의 일반성분 함량은 수분 2.35%, 조단백질 22.51%, 조지방 21.60%, 조회분 4.35% 및 탄수화물 49.19%이었다. 같은 십자화과에 속하고 7일간 발아시킨 브로콜리 싹의 경우 건량기준으로 수분 함량은 2.04%, 조단백질 22.04%, 조지방 12.80%, 조회분 6.25% 및 탄수화물 56.87% 함유하고 있다고 보고(35)되어 순무 싹이 브로콜리 싹에 비하여 조지방 함량은 높았으나, 조회분과 탄수화물의 함량은 낮았다. 메밀 싹의 경우 발아 7일 후 건량기준으로 조단백질 21.82%, 조지방 2.98%, 조회분 3.78%, 탄수화물 71.42%를 함유하는 것(34)으로 나타났고, 유채 싹의 경우 발아 5일 후 조단백질 26.00%, 조지방 40.10%, 조회분 4.10%를 함유하고 있다고 보고(36)되어 순무 싹과 조단백질, 조회분의 함량이 비슷한 경향을 보였다. 또한 4일간 발아시킨 무순은 수분 2.28%, 조단백질 31.43%, 조지방 20.06%, 조회분 4.18% 함유하고 있다고 보고(37)되어 무순이 순무 싹과 비슷한 조지방과 조회분 함량을 나타내었으나 조단백질의 함량은 낮았다.

구성당, 유기산 및 비타민

7일간 발아시킨 순무 싹 분말의 구성당, 유기산 및 비타민 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 구성당의 분석 항목

은 xylose, fucose, arabinose, galactose, ribose, glucose 및 fructose의 유리당과 sucrose, maltose 및 lactose의 이당류를 각각 분석하였는데, Table 2에서와 같이 순무 싹은 총 2종의 유리당이 검출되었으며 glucose가 73.39 mg%로 가장 많이 검출되었고, fructose는 12.62 mg% 검출되었다. 브로콜리 싹은 ribose, fructose 및 glucose 3종의 유리당이 검출되었다(35). 무순의 구성당은 4일간 발아 후 총 2종의 유리당인 fructose와 glucose, 1종의 이당류인 sucrose가 검출되었으며(37), 5일간 발아시킨 유채 싹은 무순과 마찬가지로 fructose, glucose 및 sucrose 3종만이 검출되었다고 보고하였다(38).

유기산 분석 항목은 citric acid, formic acid, succinic acid, oxalic acid, tartaric acid 및 malic acid를 분석하였는데, Table 2에서와 같이 순무 싹의 유기산은 총 2종이 검출되었으며 tartaric acid 함량이 2,962.74 mg%로 가장 많았고 다음으로 malic acid 순이었다. 브로콜리 싹의 경우 총 3종의 유기산이 검출되었는데 이 중 lactic acid가 41,875.00 mg%로 가장 많았고 다음으로 malic acid는 27,333.00 mg%, citric acid 610.00 mg%로 순무 싹의 유기산 조성과 함량과는 큰 차이를 보였다(35). 반면, 같은 십자화과 채소인 무순의 유기산은 levulinic acid, malic acid, citric acid 순으로 많이 검출되었으며 이러한 유기산 함량은 성장단계가 길어질수록 증가하는 경향을 보였다(37). 7일간 발아시킨 메밀 싹의 경우 유기산 중 oxalic acid 함량이 가장 많이 검출되었고, 다음으로는 citric acid, maleic acid, succinic acid, malic acid, acetic acid, formic acid 순으로 검출되었다(34).

순무 싹 분말의 비타민 함량 분석은 비타민 A와 비타민 E만을 분석하였는데 Table 2에서와 같이 비타민 A와 E의 함량은 각각 0.09 mg%와 3.06 mg%이었다. 브로콜리 싹의 경우 비타민 A는 0.06 mg%, 비타민 E는 0.82 mg%이었다(35). 또한 유채 싹의 경우 5일간 발아 후 비타민 E가 0.37 mg% 함유되어 있는 것으로 보고(39)되어 순무 싹이 브로콜리 싹이나 유채 싹에 비하여 지용성 항산화비타민인 비타민 E 함량이 월등히 높은 것으로 나타났다.

무기질

순무 싹의 무기질 조성과 함량을 측정한 결과는 Table 3과 같다. K 함량이 882.50 mg%로 가장 많았고, 다음으로 Mg, Ca, Na 순이었으며 Fe, Zn, Mn, Cu의 함량은 미량이었다. 순무 뿌리의 경우도 K 함량이 395.72 mg%로 가장 높았고, 다음으로 Ca, P, Mg 순이었으며, 순무 잎 또한 K 함량이 246.87 mg%로 가장 높았고, 다음으로 P, Ca, Na 순으로 나타났다(9). 순무 뿌리와 순무 잎 모두 K의 함량이 가장 높았

Table 1. Proximate compositions of *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts (BR sprouts) (%)

Item	Moisture	Crude protein	Crude lipid	Crude ash	Carbo-hydrate ¹⁾
BR sprouts	2.35	22.51	21.60	4.35	49.19

¹⁾100-(sum of moisture, crude protein, crude lipid and ash contents).

Table 2. Contents of free sugars, organic acids and vitamins in *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts (mg%)

Sample	Item	Free sugar		Organic acid		Vitamin	
		Glucose	Fructose	Tartaric acid	Malic acid	Vitamin A	Vitamin E
BR sprouts		73.39	12.62	2,962.74	1.48	0.09	3.06

Table 3. Contents of minerals in *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts (mg%)

Sample	Mineral	Ca	Fe	K	Mg	Mn	Cu	Na	Zn
BR sprouts		274.30	7.52	882.50	342.85	2.75	0.98	188.45	7.22

으며 이는 순무 싹의 무기질 성분 분석 결과와도 유사하였다. 그러나 순무 싹의 K 함량이 순무 뿌리와 순무 잎보다 2배 이상 높았고 다른 무기질 함량도 더 높은 경향을 나타내어 순무 싹이 좋은 무기질 공급원이 될 수 있을 것으로 사료된다.

아미노산

순무 싹의 구성 아미노산 조성 및 함량은 Table 4와 같다. 아미노산의 조성은 단백질의 질 평가에 중요한 요소인데, 순무 싹의 분석 결과 총 18종의 아미노산이 분리되었으며 아미노산은 전체적으로 고른 분포를 보였다. 순무 싹의 총 아미노산 함량은 1,699.15 mg%로 이 중 glutamic acid 함량이 가장 많았고 다음으로 leucine, aspartic acid, valine 순이었다. 이 중 필수아미노산은 798.56 mg%로 leucine, valine, lysine, isoleucine, threonine, phenylalanine, methionine 순이었으며, 총 아미노산에 대한 필수아미노산의 비율은 47.00%로 나타났다. 이러한 결과는 7일간 발아시킨 메밀 싹의 경우 36.48%(34), 5일간 발아시킨 유채 싹의 32.22%(39), 4일간 발아시킨 무순의 41.94%(37), 7일간 발아시킨 브로콜리 싹의 45.62%(35)보다 순무 싹의 필수아미노산 함량이 높게 검출되었다. 또한 4일, 8일 및 12일간 발아시킨 무순의

Table 4. Contents of total amino acids in *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts

Amino acid	(%)	Content (mg%)
Isoleucine	5.17	87.83
Valine	8.47	143.85
Leucine	8.98	152.66
Methionine	0.52	8.89
Threonine	4.92	83.66
Lysine	8.27	140.47
Phenylalanine	4.70	79.92
Histidine	4.05	68.82
Glutamic acid	14.28	242.57
Arginine	5.28	89.75
Serine	4.13	70.14
Glycine	5.51	93.67
Alanine	5.54	94.13
Proline	1.98	33.59
Tyrosine	1.91	32.47
Aspartic acid	8.86	150.62
Cysteine	0.11	1.87
Ammonia	7.31	124.25
Total AA ¹⁾	100.00	1,699.15
Total EAA ²⁾	47.00	798.56
EAA/TAA (%)		47.00

¹⁾Total AA: total amino acids.

²⁾Total EAA: total essential amino acids (Thr+Val+Met+Ile+Leu+Phe+Lys+Trp).

경우 성장 시기에 따른 구성 아미노산 함량은 발아기간이 길어질수록 감소하는 경향을 보였다고 보고하였으며, glutamic acid, alanine, aspartic acid가 가장 많이 검출되었으며 이 중 glutamic acid의 함량은 다른 아미노산들과 달리 발아기간이 길어짐에 따라 함량이 높아지는 경향을 보였다(37). Kim 등(39)은 유채의 경우 무순과 마찬가지로 glutamic acid 함량이 가장 많았고 aspartic acid, leucine, histidine, proline, lysine의 순으로 많이 함유되어 있는 것으로 보고하였으며, 브로콜리 싹의 경우 lysine 함량이 가장 많았고 leucine, aspartic acid, glutamic acid, arginine, phenylalanine 순으로 검출되었다(35). Park 등(9)이 보고한 순무 뿌리와 순무 잎의 아미노산 함량의 경우 순무 뿌리는 proline 함량이 546.3 mg%로 가장 높았고, glutamic acid, phenylalanine, aspartic acid, arginine의 순으로 높은 함량을 보인 반면, 순무 잎은 순무 뿌리와는 달리 glutamic acid 함량이 359.1 mg%로 가장 높았고, phenylalanine, proline, aspartic acid의 순으로 함량이 높았다고 보고하여 순무 뿌리와 잎의 아미노산 조성은 차이가 나타나지 않았으나 함량은 차이를 보였으며, 본 연구의 순무 싹의 아미노산 함량과도 차이가 있는 것으로 나타났다.

지방산

순무 싹의 지방산 조성 및 함량은 Table 5와 같다. 구성 지방산 중 포화지방산의 함량은 tricosanoic acid, heneicosanoic acid 순으로 검출되었고, 불포화지방산은 linoleic acid, oleic acid, linolenic acid 순으로 나타났다. 같은 십자화과에 속하는 유채를 5일간 발아시켜 지방산 함량의 변화를 측정된 결과 포화지방산은 palmitic acid, stearic acid, arachidic acid 순이었고 불포화지방산은 oleic acid, erucic acid, linoleic acid, linolenic acid와 eicosenoic acid 순으로 나타났다(36). 브로콜리 싹의 경우 포화지방산 함량은 palmitic acid, arachidic acid, lignoceric acid, behenic acid 순이었고, 불포화지방산은 cis-11,14-eicosatrienoic acid, linolenic acid, linoleic acid, oleic acid 순으로 나타났다(35). 순무 싹은 불포화지방산에 비하여 포화지방산 함량이 높았으나, 브로콜리 싹과 유채 싹은 포화지방산에 비하여 불포화지방산의 함량이 높은 것으로 나타났다.

HMG-CoA reductase 저해활성

순무 싹 에탄올 추출물이 콜레스테롤 생합성 과정에 영향을 미치는 영향을 알아보기 위하여 HMG-CoA reductase에 대한 저해활성을 측정된 결과는 Table 6과 같다. HMG-CoA reductase 저해활성은 시료를 넣지 않은 대조군의 효소활성에 대한 저해 정도를 백분율로 환산하여 검토하였는데,

Table 5. Compositions of fatty acids in *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts

Fatty acid	Composition (Relative %)
Myristic acid (C14:0)	0.08
Palmitic acid (C16:0)	1.98
Stearic acid (C18:0)	0.88
Arachidic acid (C20:0)	0.65
Heneicosanoic acid (C21:0)	10.45
Tricosanoic acid (C23:0)	50.65
Lignoceric acid (C24:0)	0.26
Palmitoleic acid (C16:1)	0.46
Oleic acid (C18:1)	9.32
Nervonic acid (C24:1)	1.46
Linoleic acid (C18:2)	14.39
cis-11,14-Eicosadienoic acid (C20:2)	0.77
cis-13,16-Docosadienoic acid (C22:2)	0.82
r-Linolenic acid (C18:3)	0.03
Linolenic acid (C18:3)	7.19
cis-8,11,14-Eicosatrienoic acid (C20:3)	0.63
Total	100.00
SFA ¹⁾	64.94
PUFA ²⁾	35.06
PUFA/SFA	0.54

¹⁾SFA: saturated fatty acids.

²⁾PUFA: polyunsaturated fatty acids.

순무 싹 에탄올 추출물 100 µg/mL은 40.87%의 HMG-CoA reductase 저해활성을 나타내었고, 50 µg/mL은 27.64%, 25 µg/mL은 4.61%로 농도 의존적으로 저해활성을 나타내었다. Kwon 등(40)은 수종의 허브류들을 열수 및 에탄올로 추출한 다음 추출물이 HMG-CoA reductase 저해활성에 미치는 영향을 살펴보았는데 장미꽃 열수 및 에탄올 추출물이

각각 48.9%와 80.5%로 가장 우수한 HMG-CoA reductase 저해활성을 나타내었으며, 에탄올 추출물이 열수 추출물에 비하여 저해활성이 높게 나타났다고 보고하였다. 순무 싹 에탄올 추출물에 비하여 양성대조군으로 사용한 고지혈증 치료제인 lovastatin은 100 µg/mL 농도로 처리하였을 경우 91.28%의 저해활성을 보여 같은 농도의 순무 싹 에탄올 추출물보다 HMG-CoA reductase 저해활성이 높게 나타났다. Lovastatin은 현재 시판되는 고지혈증 치료제로 HMG-CoA reductase 활성을 저해시키고, LDL-콜레스테롤의 분해와 세포포 콜레스테롤 흡수를 촉진시켜 혈액 중 콜레스테롤 농도 저하 효과가 높은 것으로(41) 알려져 있다. 순무 뿌리를 이용한 고지혈증에 관한 연구로는 체내에서 콜레스테롤의 에스테르화 반응을 촉매하며, 소장에서 콜레스테롤 흡수 조절과 간에서의 lipoprotein 합성과 분비 조절에 관여하는 효소인 ACAT 활성이 순무 뿌리에서 추출한 인돌화합물을 100 µg/mL 농도로 처리하였을 경우 ACAT 저해활성 효과가 높다고 보고하였다(22). 또한 Lee 등(42)은 고지혈증 유발 흰쥐 모델을 이용하여 순무 에탄올 추출물을 급여하였을 경우에도 콜레스테롤 및 총지질의 배설을 촉진하고, 혈청 내 콜레스테롤 함량을 낮추는 경향을 보여 고지혈증 예방효과가 있는 것으로 연구되었다. 따라서 순무 싹도 고지혈증을 예방하는 식품 소재로의 개발이 기대되어진다.

항산화 활성

순무 싹 에탄올 추출물의 아질산염의 소거작용 및 DPPH radical에 대한 전자공여능을 측정된 결과는 Table 7과 같다. 체내 pH 조건인 pH 1.2에서 아질산염 소거능은 Table 7에서

Table 6. Inhibitory activity of *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts ethanol extract on HMG-CoA reductase

Concentrations (µg/mL)	Specific activity (pmol/mg protein/min)	Relative activity (%)	Inhibition rate (%)	
BSES ¹⁾	0	4.16 ± 0.21 ^{2)a3)}	100.00 ± 3.13 ^a	0.00 ± 0.00 ^a
	25	3.94 ± 0.39 ^a	95.39 ± 2.63 ^a	4.61 ± 0.13 ^a
	50	3.01 ± 0.13 ^b	72.36 ± 1.09 ^b	27.64 ± 0.18 ^b
	100	2.46 ± 0.09 ^c	59.13 ± 0.97 ^c	40.87 ± 0.09 ^c
Lovastatin	100	1.39 ± 0.09 ^d	33.41 ± 1.64 ^d	33.41 ± 1.29 ^d

¹⁾BSES: *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts ethanol extract.

²⁾All values are expressed as mean ± SE of triplicate determinations.

³⁾Means in the same column not sharing a common letter are significantly different (p<0.05) by Tukey's test.

Table 7. Nitrite scavenging ability and DPPH radical scavenging activity of *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts ethanol extract

Concentrations (µg/mL)	Nitrite scavenging ability (%)		DPPH radical scavenging activity (%)	
	BSES ¹⁾	BHT ²⁾	BSES	BHT
250	19.89 ± 0.38 ^{3)c4)*}	31.26 ± 0.52 ^c	15.28 ± 0.36 ^{c*}	29.63 ± 0.19 ^c
500	39.28 ± 0.41 ^{b*}	52.13 ± 0.76 ^b	33.39 ± 0.09 ^{b*}	43.29 ± 0.51 ^b
1000	64.25 ± 0.12 ^{a*}	79.56 ± 0.98 ^a	69.29 ± 0.24 ^{a*}	67.26 ± 0.24 ^a

¹⁾BSES: *Brassica campestris* ssp *rapa* sprouts ethanol extract.

²⁾BHT: butylated hydroxytoluene.

³⁾All values are expressed as mean ± SE of triplicate determinations.

⁴⁾Means in the same column not sharing a common letter are significantly different p<0.05 by Tukey's test.

*Significantly different from the corresponding BHT concentration at p<0.05 by Tukey's test.

와 같이 순무 싹 에탄올 추출물의 첨가 농도가 증가할수록 아질산염 소거능은 농도 의존적으로 증가하는 경향을 나타내어 순무 싹 에탄올 추출물 250, 500 및 1,000 µg/mL의 농도를 첨가하였을 경우 각각 19.89%, 49.28% 및 64.25%의 아질산염 소거활성을 각각 보였으나, 동일한 농도에서의 합성항산화제인 BHT의 31.26%, 52.13% 및 79.56%에 비해서는 낮은 경향을 보였다. 본 실험에서 사람 위 내의 pH와 유사한 조건인 pH 1.2에서 아질산염 소거작용을 나타낸 것은 순무 싹 에탄올 추출물이 생체 내에서도 효과적인 아질산염 소거작용을 통해 nitrosamine 생성을 억제할 것으로 생각된다. 같은 십자화가 채소인 브로콜리 싹 메탄올 추출물의 경우 500 µg/mL 농도에서 아질산염 소거능이 66.92%로 나타나 본 연구 결과보다 높게 나타났다(43). 순무 뿌리의 경우를 가지고 한 연구(9)에서는 생 순무와 열처리 순무가 30°C의 온도에서 수용성 추출물의 아질산염 소거능이 pH 1.2에서 각각 15.8%와 27.1%로 항산화 효과가 우수한 것으로 나타났으며, 이는 순무에 함유되어 있는 폴리페놀화합물이 산성 조건에서 nitro화 반응을 강력히 억제하는 저해제로 작용하는 것으로 보고하였다.

DPPH radical 소거능도 아질산염 소거능과 동일하게 농도가 증가함에 따라 DPPH radical 소거능도 증가하여 순무 싹 에탄올 추출물을 250, 500 및 1,000 µg/mL의 농도로 첨가하였을 경우 각각 15.28%, 43.39% 및 69.29%의 DPPH radical 소거능을 각각 나타내었다. Woo 등(6)은 다양한 종류의 발아채소의 에탄올 추출물의 항산화 효과를 관찰하였는데 유채, 다채, 브로콜리 및 알파파 싹 에탄올 추출물의 전자공여능이 높게 측정되었으며 합성항산화제인 BHA와 유사한 경향을 보였다고 보고하였다. 그러나 본 연구에서는 합성항산화제인 BHT에 비하여 순무 싹 에탄올 추출물의 아질산염 소거능이 낮은 것으로 나타났다. 발아 메밀의 경우도 전자공여능이 87.52%로 높게 나타났으며, Cho 등(43)도 브로콜리 싹 메탄올 추출물 2,000 µg/mL 농도에서 93.5%의 높은 소거능을 나타내었다고 보고하여 일반적으로 발아 채소는 높은 항산화 활성을 나타내는 것(44)으로 판단되어진다. 또한 순무 뿌리 수용성 추출물과 아세톤 추출물 모두 우수한 전자공여능을 나타내었다고 보고하였다(9).

요 약

순무 싹의 생리활성 기능과 이용 가능성에 관한 연구의 일환으로 순무 싹의 영양성분 및 생리활성 효능을 검증하여 측정된 결과는 다음과 같다. 순무 싹 분말의 일반성분은 건물(dry basis)을 기준으로 수분함량은 2.35%, 조단백질 22.51%, 조지방 21.60%, 조회분 4.35% 및 탄수화물 49.19%를 함유하였다. 구성당은 glucose가 73.39 mg/L로 가장 많았고, fructose가 12.62 mg/L 검출되어 총 2종이 검출되었다. 아미노산은 glutamic acid 함량이 242.57 mg%로 가장 많이

함유되었고, 다음으로 leucine, aspartic acid, valine 순이었다. 순무 싹의 구성 지방산 중 포화지방산 함량은 tricosanoic acid가 가장 높았으며 heneicosanoic acid, palmitic acid 순으로 나타났다. 불포화지방산은 linoleic acid가 가장 높았으며 oleic acid, linolenic acid 순으로 나타났다. 유기산은 총 2종의 유기산이 검출되었으며, tartaric acid 함량이 2,962.74 mg/L로 가장 높았고 다음으로 malic acid 순이었다. 비타민 A와 E의 함량은 각각 0.09 mg%와 3.06 mg%이었다. 무기질은 총 8종의 성분이 검출되었고, 이중 K 함량이 가장 많았으며, 다음으로 Mg, Ca, Na 순이었고 Fe, Zn, Mn, Cu의 함량은 미량이었다. 순무 싹 에탄올 추출물의 기능성을 측정한 결과 순무 싹 에탄올 추출물 100 µg/mL 농도에서 35.24%의 HMG-CoA reductase 저해활성을 나타내었다. 또한 항산화 활성은 시료의 농도가 1,000 µg/mL일 때 아질산염 소거능 및 DPPH radical 소거능이 각각 64.25% 및 69.29%로 매우 높은 항산화 활성을 나타내었다. 이상의 결과 순무 싹 분말은 필수아미노산을 비롯한 항산화 비타민과 무기질을 다량 함유하고 있으며 순무 싹 에탄올 추출물은 HMG-CoA reductase 저해활성 및 항산화 활성이 우수한 것으로 나타나 순무 싹을 이용한 기능성식품의 개발가치가 한층 더 높아질 것으로 기대되어진다.

문 헌

1. Song MR. 2001. Volatile flavor components of cultivated radish (*Raphanus sativus* L.) sprout. *Korean J Food & Nutr* 14: 20-27.
2. Gopalan C, Rama Sastri BV, Balasubramanian SC. 2004. Nutritive values of indian foods. National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research, Hyderabad, Indian.
3. Khalil AW, Zeb A, Mahmmod F, Tariq S, Khattak AB, Shah H. 2007. Comparison of sprout quality characteristics of desi and kabuli type chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.). *LWT* 40: 937-945.
4. Sattar A, Shah A, Zeb A. 1995. Biosynthesis of ascorbic acid in germinating rapeseed cultivars. *Plant Food for Human Nutr* 47: 63-70.
5. El-Adawy TA. 2002. Nutritional composition and antinutritional factors of chickpears (*Cicer arietinum* L.) undergoing different cooking methods and germination. *Plant Food for Human Nutr* 57: 83-97.
6. 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.
7. Bang MH, Lee DY, Oh YJ, Han MW, Yang HG, Chung HG, Jeong TS, Choi MS, Lee KT, Baek NI. 2009. Isolation and identification of secondary metabolites from the roots of *Brassica rapa*. *J Plant Biotechnol* 36: 64-67.
8. Jung BS, Shin MK. 1990. *Hyang Yak Dae Sa Jun*. Young Lim Sa, Seoul, Korea. p 574.
9. Park YK, Kim HM, Park MW, Kim SR, Choi IW. 1999. Physicochemical and functional properties of turnip. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 333-341.
10. Kim HR, Lee JH, Kim YS, Kim KM. 2007. Chemical characteristics and enzyme activities of ichon ge-geol radish,

- ganghwa turnip and Korean radish. *Korean J Food Sci Technol* 39: 255-259.
11. Kim SK, Choi YH, Seo JH, Lee JW, Kim YS, Ryu SY, Kang JS, Kim YK, Kim SH. 2004. Chemical constituents from the root of *Brassica campestris ssp rapa*. *Kor J Pharmacogn* 35: 259-263.
 12. Itoh H, Yoshida R, Mizuno T, Kudo M, Nikuni S, Karki T. 1984. Study on the contents of volatile isothiocyanate of cultivars of *Brassica* vegetables. *Report of the National Food Research Institute* 45: 33-41.
 13. Hertog MGL, Hollman PCH, Katan MB. 1992. Content of potentially anticarcinogenic flavonoids of 28 vegetables and 9 fruits commonly consumed in the Netherlands. *J Agric Food Chem* 40: 2379-2383.
 14. Theander O, Aman P, Miksche G, Yasuda S. 1977. Carbohydrates, polyphenols and lignin in seed hulls of different colors from turnip rapeseed. *J Agric Food Chem* 25: 270-273.
 15. Ju H, Chong C, Mullin W, Bible B. 1982. Volatile isothiocyanates and nitriles from glucosinolates in rutabaga and turnip. *J Am Soc Horticultra Sci* 107: 1050-1054.
 16. Wilkinson A, Rhodes M, Fenwick R. 1984. Myrosinase activity of crucifer vegetables. *J Sci Food Agric* 35: 543-552.
 17. Mongeau R, Brassard R. 1993. Enzymatic-gravimetric determination in foods of dietary fiber as sum of insoluble and soluble fiber fractions: summary of collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem* 76: 923-925.
 18. Sones K, Heaney R, Fenwick G. 1984. An estimate of the mean daily intake of glucosinolates from cruciferous vegetables in the UK. *J Sci Food Agric* 35: 712-720.
 19. Collins J. 1978. Flavor preference of selected food products from vegetables. *J Agric Food Chem* 26: 1012-1015.
 20. Yamani M. 1993. Fermentation of brined turnip roots using *Lactobacillus plantarum* and *Leuconostoc mesenteroides* starter cultures. *World J Microbiol Biotechnol* 9: 176-179.
 21. Morita H, Miyamoto T, Mori K, Kataoka K, Izumimoto M. 1990. Isolation and identification of lactic acid bacteria from pickles. *J Japan Dairy and Food Sci* 39: A183-A193.
 22. Bang MH, Lee DY, Oh YJ, Han MW, Yang HJ, Chung HG, Jeong TS, Lee KT, Choi MS, Baek NI. 2008. Development of biologically active compounds from edible plant sources X X II. Isolation of indoles from the roots of *Brassica campestris ssp rapa* and their hACAT inhibitory activity. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 51: 65-69.
 23. Choi HJ, Han MJ, Baek NI, Kim DH, Jung HG, Kim NJ. 2006. Hepatoprotective effects of *Brassica rapa* (turnip) on d-galactosamine induced liver injured rats. *Kor J Pharmacogn* 37: 258-265.
 24. AOAC. 1995. *Official Methods of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
 25. Gancedo M, Luh BS. 1986. HPLC analysis of organic acid and sugars in tomato juice. *J Food Sci* 51: 571-573.
 26. Korea Food and Drug Association. 2005. Food standards codex. Korean Foods Industry Association, Seoul, Korea. p 367-368, p 383-385.
 27. Waters Associates. 1990. Analysis of amino acid in waters. PICO. TAG system. Young-in Scientific Co. Ltd., Seoul, Korea. p 41-46.
 28. Wungaarden DV. 1967. Modified rapid preparation fatty acid esters from liquid for gas chromatographic analysis. *Anal Chem* 39: 848-850.
 29. Jung GT, Ju IO, Choi JS, Hong JS. 2000. The antioxidative, antimicrobial and nitrite scavenging effects of *Schizandra chinensis* RUPRECHT (Omija) seed. *Korean J Food Sci Technol* 32: 928-935.
 30. Kleinsek DA, Ranganathan S, Porter JW. 1977. Purification of 3-hydroxy-3-methylglutaryl-coenzyme A reductase from rat liver. *Proc Natl Acad Sci* 74: 1401-1435.
 31. Kato H, Lee IE, Cheyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibitory of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Biol Chem* 5: 1333-1335.
 32. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
 33. Lee EH, Kim C. 2008. Nutritional changes of buckwheat during germination. *Korean J Food Culture* 23: 121-129.
 34. Vanderstoep J. 1981. Effect of the nutritive value of legumes. *Food Technol* 35: 83-91.
 35. Lee JJ, Lee YM, Kim AR, Lee MY. 2009. Physicochemical composition of broccoli sprouts. *Korean J Life Sci* 19: 192-197.
 36. Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1988. Study on the chemical change of general composition, fatty acids and minerals of rapeseed during germination. *Korean J Food Sci Technol* 20: 188-193.
 37. Han JH, Moon HK, Kim JK, Kim JY, Kang WW. 2003. Changes in chemical composition of radish bud (*Raphanus sativus* L.) during growth stage. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 19: 596-602.
 38. Kim IS, Kwon TB, Oh SK. 1988. Study on the composition change of free sugars and glucosinolates of rapeseed during germination. *Korean J Food Sci Technol* 20: 194-199.
 39. Kim IS, Han SH, Han KW. 1997. Study on the chemical change of amino acid and vitamin of rapeseed during germination. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 1058-1062.
 40. Kwon EK, Kim YE, Lee CH, Kim HY. 2006. Screening of nine herbs with biological activities on ACE inhibition, HMG-CoA reductase inhibition, and fibrinolysis. *Korean J Food Sci Technol* 38: 691-698.
 41. Maher VM, Thompson GR. 1990. HMG-CoA reductase inhibitors as lipid-lowering agents: five years experience with lovastatin and an appraisal of simvastatin and pravastin. *Q J Med* 274: 165-170.
 42. Lee YH, Lee EO, Park SY, Lee HJ, Yoon BS, Kim JH, Kim SH. 2005. Effect of *Brassica rapa* L. extract and β -sitosterol on hyperlipidemic rats. *Korean J Oriental Physiology & Pathology* 19: 1528-1533.
 43. Cho JY, Son DM, Kim JM, Seo BS, Yang SY, Bae JH, Heo BG. 2008. Effect of LED as light quality on the germination, growth and physiological activities of broccoli sprouts. *J Bio-Environment Control* 17: 116-123.
 44. Hwang EJ, Lee SK, Kwon SJ, Park MH, Boo HO. 2006. Antioxidative, antimicrobial and cytotoxic activities of *Fagopyum esculentum* Moench extract in germinated seeds. *Kor Medicinal Crop Sci* 14: 1-7.

(2009년 7월 6일 접수; 2009년 8월 6일 채택)