J Korean Soc Food Sci Nutr
39(9), 1346~1352(2010)

한국식품영양과학회지
DOI: 10.3746/jkfn.2010.39.9.1346

배양기간에 따른 버섯균사체 인삼배양물의 항산화활성

정은미[1] · 김현영[1] · 황인국[1] · 정재현[2] · 유광원[2] · 이준수[1] · 정헌상[1†]

[1]충북대학교 식품공학과
[2]충주대학교 식품공학과

Changes of Antioxidant Activities on Cultured Ginseng with Mushroom Mycelia During Cultivation

Eun Mi Joung[1], Hyun Young Kim[1], In Guk Hwang[1], Jae Hyun Jeong[2], Kwang Won Yu[2], Junsoo Lee[1], and Heon Sang Jeong[1†]

[1]*Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Chungbuk 361-763, Korea*
[2]*Dept. of Food Science and Technology, Chungju National University, Chungbuk 368-701, Korea*

Abstract

This study was conducted to investigate the antioxidant activities of the cultured ginseng with mushroom mycelia (*Phellinus linteus* (PL), *Ganoderma lucidum* (GL), and *Hericium erinaceum* (HE)) during cultivation periods of 10, 20, 30, 40, and 50 days. The lyophilized powder from the cultured ginseng with mycelia was extracted with 80% ethanol, and then evaluated for antioxidant activities. Total phenolic contents ranged from 149.63 to 205.91 mg/g, and the highest value was 80% EtOH extract from the cultured ginseng with GL at 30 days. The highest antioxidant activity (IC_{50}) for DPPH was 1.16 mg/mL in the cultured ginseng with HE at 40 days, and total antioxidant activity for ABTS was the highest value of 4.03 mg AA eq/g in PL cultivation at 30 days. α-Glucosidase inhibitory activity was the highest value of 92.51% in EtOH extract from the cultured ginseng with PL at 50 days, and tyrosinase inhibitory activity was highest value of 13.21% in GL cultivation at 40 days. These results suggest that mushroom mycelium cultivation period for enhancement of antioxidant activity might be 40 days.

Key words: mushroom mycelium, ginseng, phenolic content, antioxdiant activity, α-glucosidase

서 론

고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 오갈피나무과(*Araliaceae*)의 인삼 속에 속하는 다년생 초본류로서 오래전부터 그 효능을 인정받아 우리나라의 대표적인 생약제로 널리 이용되어 왔으며(1), 최근 인삼의 다양한 효능과 천연물을 선호는 추세에 따라 그 수요가 증가하고 있다(2). 인삼의 약리효능은 주로 배당체 성분인 ginsenosides를 비롯한 비사포닌계의 생리활성물질로서 페놀성 성분, 폴리아세틸렌 성분, 알카로이드 성분, 다당체 및 산성펩티드 등이 알려져 있으며, 중추신경계에 대한 작용, 면역기능 조절작용, 항발암과 항암작용, 항당뇨 작용, 간기능 강화작용, 심혈관 장애 개선작용, 혈압 조절작용, 갱년기 장애 개선작용, 항산화작용 등이 알려져 있다(3,4).

과거에는 식용으로만 주로 이용되어온 버섯은 당질, 단백질, 비타민 및 무기질과 같은 영양소들을 골고루 함유하고 있어 식품으로서 가치가 높을 뿐만 아니라 우수한 약리효능이 계속해서 밝혀지고 있으며(5), 다양한 연구를 통해 기능성식품 및 의약품 소재로 심장병, 고지혈증 및 뇌졸중 등의 성인병에 대한 예방과 개선 효과 및 노인성 치매에 효과가 있는 유효성분이 보고되고 있다. 또한 버섯에서 분리된 β-D-glucan류는 항암활성, 항산화성, 면역증강 효과가 보고되었으며(6), 버섯 균사체도 항암작용, 면역증강효과, 항산화효과 및 혈중콜레스테롤저하 작용 등이 있는 것으로 보고되었다(7-9). 이와 같은 효능을 나타내는 β-glucan, heteroglycan 및 galactan 등의 비소화성 수용성 다당류는 버섯에 건물량으로 약 10% 이상을 차지하고 있어 우수한 효능을 나타내는 것으로 알려져 있다(10). 특히 상황버섯(*Phellinus linteus*)에 대한 항암활성, 항산화활성과 α-, β-glucosidase 억제활성 및 관련 연구들이 보고되고 있으며(11,12), 영지버섯(*Ganoderma lucidum*)에 대한 항암작용, 항알레르기작용, 항고혈압작용, 면역증강작용, 고지혈증 개선, 혈당강하작용 및 항암기능(13-16), 그리고 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceum*)에 대한 치매치료, 위궤양, 십이지장궤양, 만성위

†Corresponding author. E-mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82-43-261-2570, Fax: 82-43-271-4412

염 및 위산 역류 등에 의한 염증 치료에 효과적인 성분들이 다량 함유되어 있다고 보고되고 있다(17).

또한 다양한 천연물 및 폐기물을 배지로 이용하여 약리활성물질을 생산하는 방법이 최근에 개발되어 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있지만(18) 인삼과 버섯균사체를 함께 이용한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다. 따라서 본 연구에서는 상황버섯, 영지버섯 및 노루궁뎅이버섯 균사체를 인삼에 접종하고 배양하면서 배양기간에 따른 다양한 생리활성 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

공시균주

본 실험에 사용된 공시균주는 상황버섯(*Phellinus linteus*), 영지버섯(*Ganoderma lucidum*) 및 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceum*) 균사체로 충북농업기술연구원에서 분양받아 충주대학교 기능성식품개발실험실에서 mushroom complete media(MCM) 혼합배지(yeast extract 2 g/L, K_2HPO_4 1 g/L, KH_2PO_4 0.46 g/L, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 0.5 g/L, glucose 20 g/L, and peptone 2 g/L)를 사용하여 각 균주별 배양조건으로 1차 종 배양을 실시한 후 본 배양에 사용하였다(19,20).

균사체 인삼배양물 및 추출물 제조

인삼은 4년근 파생삼으로 2009년 증평군 인삼농가에서 구입한 후 수돗물로 수세하여 48시간 동안 상온에서 건조시킨 다음 인삼 1뿌리가 들어가는 시험관(50×200 mm)에 넣고 밀봉한 후 121°C에서 2시간 동안 가열살균(DR-1205, Aqua Science, Seoul, Korea) 한 다음 방냉하고 균사체 배양기질로 사용하였다. 살균인삼에 균사체 1차 종배양액을 각각 20 mL씩 무균접종 한 다음 배양기(VS-3DM, Vision Scientific, Bucheon, Korea)에서 상황버섯과 영지버섯 균사체는 30°C, 노루궁뎅이버섯 균사체는 25°C로 각각 10, 20, 30, 40 및 50일간 배양한 다음 동결건조(FT-8512, Ilshin, Suwon, Korea) 하였다(20). 동결건조 된 시료 3 g에 80% 에탄올 200 mL을 가하고 80°C 수욕상에서 3시간 동안 3회 환류추출한 후 감압여과 한 다음 회전진공농축기(N-1000, EYELA, Tokyo, Japan)로 40°C에서 용매를 완전히 제거한 다음 동결건조 하여 추출물로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 분석

원료인삼 및 인삼배양물 80% 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량은 Dewanto 등(21)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원리로 분석하였다. 각 추출물 100 μL에 2% Na_2CO_3 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 μL를 가하였다. 2% Na_2CO_3 용액을 가한 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 garlic acid(Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 사용하여 검량선을 작성하였고, 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg garlic acid로 나타내었다.

DPPH 라디칼 소거능에 의한 항산화활성(IC_{50}) 측정

원료인삼 및 인삼배양물 80% 에탄올 추출물의 전자공여능(Electron donating ability, EDA)은 Blois(22)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 2×10^{-4} M DPPH (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액(99% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, voltex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(DU-650, Beckman Coulter, Anaheim, CA, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 ethanol만의 흡광도를 측정하여 보정해 주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였으며, 추출물의 EDA(%) 값을 50% 감소시키는 IC_{50}(Inhibition concentration)값으로 표시하였다.

총 항산화력 측정

원료인삼 및 인삼배양물 80% 에탄올 추출물의 총 항산화력은 $ABTS^{\cdot+}$ cation decolorization assay 방법(21)에 따라 측정하였다. ABTS(2,2′-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid, Sigma-Aldrich) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM을 하루 동안 암소에 방치하여 ABTS 양이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수($\varepsilon=3.6\times10^4\ M^{-1}cm^{-1}$)를 이용하여 증류수로 희석하였다. 희석된 $ABTS^{\cdot+}$ 용액 1 mL에 추출액 50 μL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 60분 후에 측정하였으며, 표준물질로서 L-ascorbic acid를 동량 첨가하였고, 총 항산화력은 AEAC(L-ascorbic acid equivalent antioxidant capacity, mg AA eq/g)로 표현하였다.

α-Glucosidase 억제활성 측정

원료인삼 및 인삼배양물 80% 에탄올 추출물의 α-glucosidase 억제활성 측정은 Kim(23)의 방법으로 측정하였다. 조효소를 추출하기 위해서 0.1 g의 rat intestinal acetone powder에 3 mL의 0.9% NaCl을 첨가하여 homogenize 시킨 후 기질(*p*-nitrophenyl glucose, *p*-NPG)은 0.1 M phosphate buffer에 5 mM의 농도로 희석하여 사용하였다. 추출물 50 μL에 조효소 추출액 100 μL를 혼합하여 37°C, 10분간 전 배양을 실시한 다음 p-NPG 50 μL 첨가하여 37°C, 20분간 후 배양을 시킨 후 1 M Na_2CO_3 1 mL을 첨가하여 흡광도 값을 405 nm에서 측정하여 α-glucosidase 억제율을 측정하였다.

Tyrosinase 저해활성 측정

원료인삼 및 인삼배양물 80% 에탄올 추출물의 tyrosinase 억제활성은 Yagi 등(24)의 방법으로 측정하였다. 반응구는 1/15 M sodium phosphate buffer(pH 6.8) 0.5 mL에 10 mM L-DOPA를 녹인 기질액 0.2 mL 및 시료용액 0.1

mL의 혼합액에 mushroom tyrosinase(110 U/mL) 0.2 mL 첨가하여 25°C에서 20분간 반응시켜 반응액 중에 생성된 DOPA chrome를 475 nm에서 측정하였다. Tyrosinase 저해활성은 시료용액의 첨가구와 무첨가구의 흡광도 감소율로 나타내었다.

Nitric oxide radical 소거활성 측정

원료인삼 및 인삼배양물 80% 에탄올 추출물의 nitric oxide radical 소거활성은 RAW 264.7 cell을 96 well plate에 5×10^3 cells/well로 분주하였고, nitric oxide(NO) 유도제로는 LPS 1 μg/mL을 사용하였다. 추출물의 처리 농도는 100 μg/mL로 24시간 동안 배양하였고, NO 생성은 Griess detetction kit(iNtRON Biotechnology, Seongnam, Korea)를 사용하여 측정하였다. 약물 처리된 96 well에서 세포에 영향을 주지 않도록 주의하면서 상등액 50 μL을 새로운 96 well로 옮긴 후, N1 buffer(substrate solution, sulfanilamide in the reaction buffer) 50 μL을 넣고 상온에서 10분간 반응시킨 후 N2 buffer(coloring solution, naphthylenediamine in the stabilizer buffer) 50 μL를 넣고 상온에서 10분간 반응시켰다. ELISA microplate reader(ELx808, bio-tex® Inc., Highland Park, IL, USA)로 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, nitrate standard를 1.56, 3.12, 25, 50, 100 mM로 제조하여 표준곡선을 만들어 nitrate 농도를 계산하였다.

통계분석

실험결과는 3회 반복측정한 후 평균±표준편차로 나타내었으며, 통계처리는 SPSS Ver 12.0 package program (Statistical Package for the Social Science, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 분산분석(ANOVA)을 실시하였으며, 측정값 간의 유의성을 $p<0.05$ 수준에서 Duncan's multiple range test로 검정하였다.

결과 및 고찰

총 폴리페놀 함량

원료인삼과 배양기간에 따른 상황, 영지 및 노루궁뎅이버섯 균사체 인삼배양물 80% 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 원료인삼은 114.71 mg/g의 총 폴리페놀을 함유하고 있었으며, 살균을 위해 열처리된 인삼은 149.78 mg/g으로 원료인삼에 비해 증가하였다. 상황버섯 균사체의 인삼배양물 추출물은 배양기간에 따라 189.76~201.76 mg/g 범위를 나타내었고, 배양 30일째 201.76 mg/g으로 가장 많은 함량을 나타내었다. 영지버섯 균사체의 인삼배양물 추출물은 배양 30일째 205.91 mg/g으로 가장 높았으며, 노루궁뎅이버섯 균사체의 인삼배양물 추출물은 배양 40일째 205.44 mg/g으로 가장 높은 총 폴리페놀 함량을 나타내어 원료인삼 및 열처리 인삼에 비하여 균사체로 배양된 인삼의 총 폴리페놀 함량이 높았다. 이러한 결과

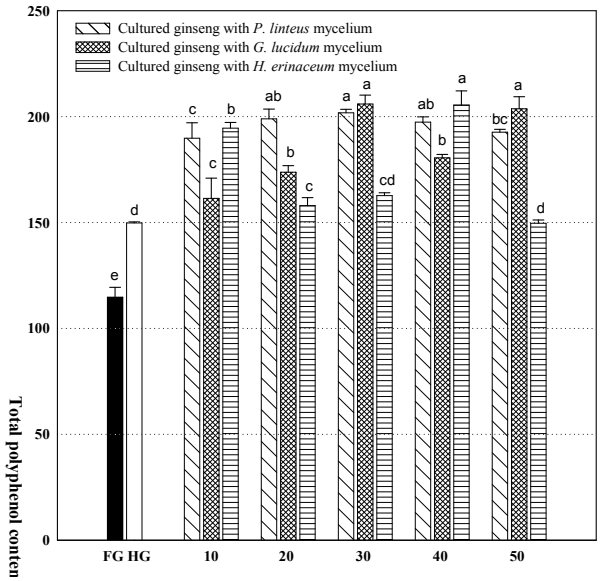

Fig. 1. Total polyphenol contents of 80% EtOH extracts from the cultured ginseng with mushroom mycelia during cultivation. FG: fresh ginseng, HG: heated ginseng. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

는 Jeong 등(19)이 보고한 원료인삼보다 균사체로 배양된 인삼의 페놀성 물질 함량이 높다는 결과와 일치하며, 이는 균사체의 종류에 따른 차이는 있지만 균사체가 배양되는 과정에서 결합된 고분자 페놀화합물이 저분자로 분해 또는 파괴되거나 새로운 페놀화합물들이 생성되었기 때문이라 생각된다.

항산화활성

원료인삼과 배양기간에 따른 상황, 영지 및 노루궁뎅이버섯 균사체의 인삼배양물 80% 에탄올 추출물에 대한 DPPH 라디칼 소거능(IC_{50})을 측정한 결과는 Fig. 2와 같다. 원료인삼의 IC_{50}값은 10.97 mg/mL이었으며, 열처리 인삼은 2.71 mg/mL로 원료인삼에 비해 높은 항산화활성을 나타내었다. 상황버섯 균사체의 인삼배양물 추출물은 배양기간에 따라 2.03~3.56 mg/mL 범위로 배양 50일째 가장 높은 항산화활성을 나타내었으며, 영지버섯 균사체는 50일째에 4.68 mg/mL 그리고 노루궁뎅이버섯 균사체는 배양 40일째 1.16 mg/mL으로 가장 높은 항산화활성을 나타내었다. 균사체별 항산화활성은 상황버섯균사체가 전체 배양기간 동안 높았지만 인삼을 노루궁뎅이버섯 균사체로 40일 동안 배양할 경우가 가장 높은 항산화활성을 나타내었다. $ABTS^{\cdot+}$ 라디칼 소거능으로 측정된 총 항산화력은 Fig. 3에서 보는 바와 같이 원료인삼은 1.65 mg AA eq/g이었으며, 상황버섯 균사체는 배양기간에 따라 3.23~4.03 mg AA eq/g 범위로 배양 30일째 가장 높았으며, 영지버섯 균사체의 인삼배양물은 배양 30일째 2.57 mg AA eq/g으로 가장 높았고, 노루궁뎅이버섯 균사체는 배양 40일째 3.69 mg AA eq/g으로 가장 높은

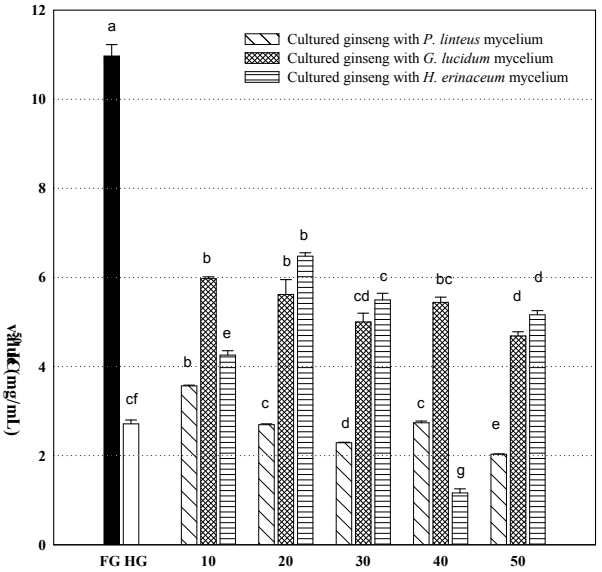

Fig. 2. Antioxidant activities (IC_{50}) for DPPH radical of 80% EtOH extracts from the cultured ginseng with mushroom mycelia during cultivation. FG: fresh ginseng, HG: heated ginseng. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

총 항산화력을 나타내었다. Kim 등(25)에 의하면 버섯균이 생육하는 과정에서 여러 가지 효소에 의하여 항산화성이 낮은 화합물이 항산화성이 높은 물질로 생물전환 되거나 항산화활성과 관련된 화합물이 버섯균 배양 시 배지 속으로 유출되어 항산화활성이 높게 나타난 것이라 하였는데, 본 실험에서도 균사체가 인삼에서 배양되는 과정에서 항산화 물질들이 증가함에 따라 항산화활성도 증가된 것으로 생각된다. 실제 원료인삼의 가열시 총 폴리페놀 함량은 약 1.3배 증가하였지만 총 항산화력은 4배씩 증가하였으며, Yang 등(26)의 연구에서도 인삼의 가열처리 시 총 폴리페놀 함량은 약 3배 정도 증가하였지만 항산화활성은 약 10배 정도 증가하여 총 폴리페놀 함량과 항산화활성 간에 비례관계가 성립하지 않았다. 이는 열처리 시 Maillard reaction에 의해 항산화활성을 가지는 비페놀성 물질의 함량이 증가되어 항산화활성이 증가된 것으로 판단된다(27).

α-Glucosidase 억제활성

원료인삼과 배양기간에 따른 상황, 영지 및 노루궁뎅이버섯 균사체의 인삼배양물 80% 에탄올 추출물에 대한 α-glucosidase 억제활성을 측정한 결과는 Fig. 4와 같이 원료인삼 및 가열살균 된 인삼에서는 억제활성이 나타나지 않았지만 상황버섯 균사체 인삼배양물의 에탄올 추출물은 10 mg/mL의 농도에서 배양 10일째에 8.92%이었던 것이 배양 20일부터 급격하게 증가하여 배양 50일째에는 92.51%로 높은 억제활성을 나타내었다. 영지버섯 및 노루궁뎅이버섯은 배양기간에 따라 2.63~23.95% 범위로 상황버섯 균사체의 인삼배양물에 비하여 낮은 α-glucosidase 억제활성을 나타내었다. Choi 등(28)은 상황버섯 균사체 추출물은 당투석지연효과가 크며, 식후 혈당상승 억제 효과가 매우 우수하다고 보고하였으며, Kim 등(29)은 상황버섯으로부터 α-glucosidase 저해물질을 분리하기도 하였는데 본 연구 결과에서

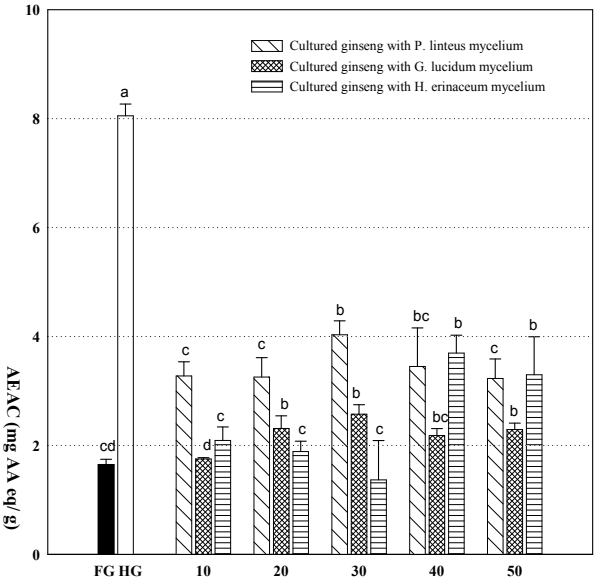

Fig. 3. Total antioxidant activities (AEAC) for ABTS radical of 80% EtOH extracts from the cultured ginseng with mushroom mycelia during cultivation. FG: fresh ginseng, HG: heated ginseng. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

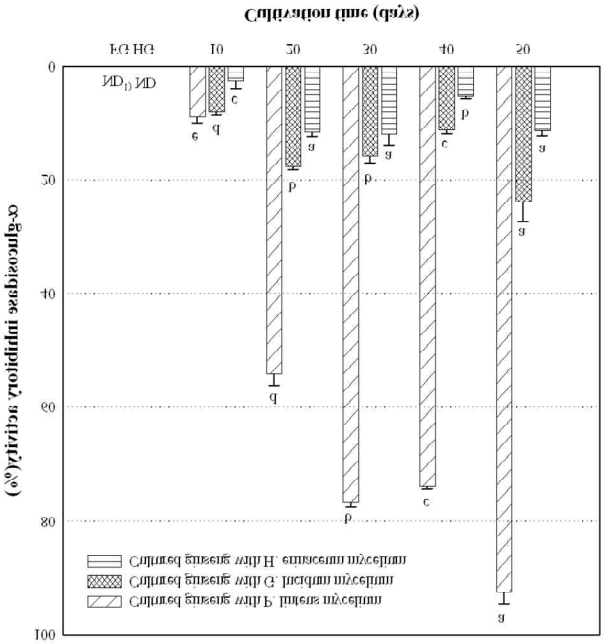

Fig. 4. α-Glucosidase inhibitor activities of 80% EtOH extracts from the cultured ginseng with mushroom mycelia during cultivation. ND: not detected. FG: fresh ginseng, HG: heated ginseng. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

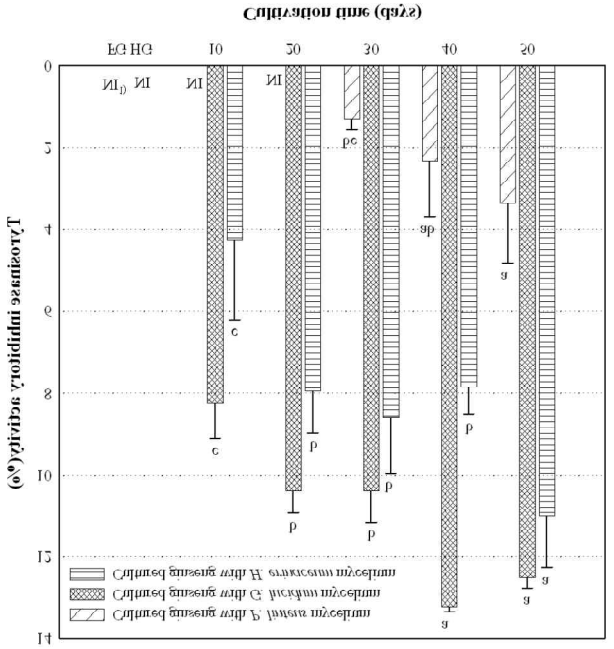

Fig. 5. Tyrosinase inhibitor activities of 80% EtOH extracts from the cultured ginseng with mushroom mycelia during cultivation. NI: not inhibition. FG: fresh ginseng, HG: heated ginseng. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

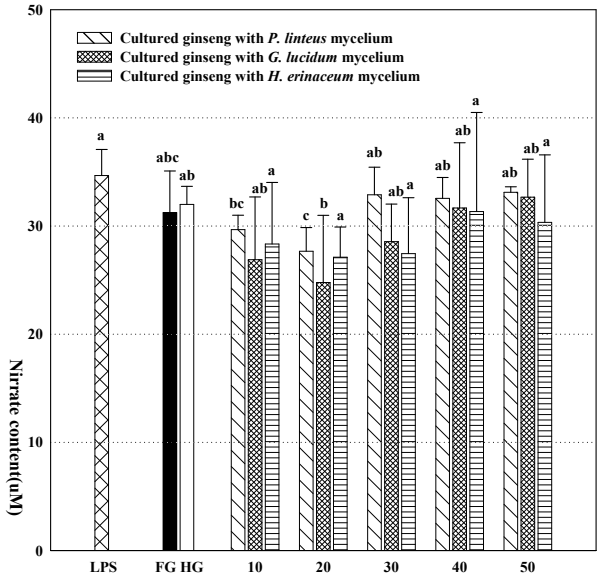

Fig. 6. Nitrate synthesis inhibitory effects of 80% EtOH extracts from the cultured ginseng with mushroom mycelia during cultivation. FG: fresh ginseng, HG: heated ginseng. Different letters on the bars of same items indicate a significant difference ($p<0.05$).

도 상황버섯 균사체 배양물이 다른 균사체에 비해 더 많은 α-glucosidase 억제물질을 포함하고 있으며 배양기간이 길어짐에 따라 이들 물질이 증가하였기 때문이라 생각된다.

Tyrosinase 저해활성

원료인삼과 배양기간에 따른 상황, 영지 및 노루궁뎅이버섯 균사체 인삼배양물의 80% 에탄올 추출물에 대한 tyrosinase 저해활성을 측정한 결과는 Fig. 5와 같이 원료인삼에서는 10 mg/mL의 농도에서 tyrosinase를 저해하지 못하는 것으로 나타났으며, 상황버섯 균사체의 인삼배양물 추출물은 배양기간에 따라 0~3.35% 범위의 낮은 저해활성을 나타내었고 영지버섯 균사체는 배양기간에 따라 8.25~13.21% 범위로 배양 40일째가 가장 높았으며, 노루궁뎅이버섯 균사체는 배양기간에 따라 4.26~11.02% 범위로 배양 50일째가 높았다. 세 종류의 균사체 모두 배양기간이 증가함에 따라 인삼배양물에서의 tyrosinase 저해활성은 증가하는 것으로 나타났다. Lee 등(30)에 의하면 phenyl chromone류, flavon 3-ol류, vanilyl alcohol류 및 isoflavonoid류 등이 tyrosinase 저해활성을 가지고 있으며, 폴리페놀함량 및 항산화효과와 상관관계가 있다(31)는 연구결과를 볼 때 본 실험 결과에서도 균사체 배양과정 중 페놀성 물질의 증가로 인하여 tyrosinase 저해효과가 증가한 것으로 생각된다.

NO 생성 억제활성

NO 생성 억제활성은 마우스의 대식세포주인 RAW 264.7에 lipopolysaccharide(LPS)를 처리하여 NO를 유도시킨 다음 원료인삼 및 배양기간에 따른 상황, 영지 및 노루궁뎅이버섯 균사체 인삼배양물의 80% 에탄올 추출물을 대식세포에 처리하여 NO 활성에 미치는 영향을 Fig. 6에 나타내었다. 100 μg/mL의 시료 농도에서 원료인삼 및 배양기간에 따른 각각의 인삼배양물에서 뚜렷하게 높은 NO 소거활성을 나타내지는 않았지만, 20일 배양된 영지버섯 균사체 인삼배양물이 LPS의 자극으로 생성된 NO를 약 28%를 소거함으로써 가장 높은 수준의 억제활성효과를 나타내었고, 그 다음으로 10일 배양된 영지버섯 균사체 인삼배양물과 20일 배양 노루궁뎅이버섯 균사체 인삼배양물에서 약 22% 정도의 소거활성을 나타내었다. Kong 등(32)의 연구에 의하면 인삼의 phenolic 성분이 NO 생성을 억제하며, 상황, 노루궁뎅이버섯 균사체 배양 인삼의 열수추출물도 높은 NO 생성억제능이 있다고 하였는데(33) 본 실험의 에탄올 추출물에서도 NO 생성 억제활성이 있는 것으로 나타났다.

요 약

인삼의 천연배지에 상황버섯(*Phellinus linteus*), 영지버섯(*Ganoderma lucidum*) 및 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceum*) 균사체를 접종한 후 10, 20, 30, 40, 50일 동안 배양된 인삼발효물 80% 에탄올 추출물에 대한 항산화활성을 살펴보았다. 총 폴리페놀 함량은 149.63~205.91 mg/g 범위로 영지버섯 균사체 인삼배양물에서 가장 높았다. DPPH법에 의한 항산화활성의 IC_{50}값은 1.16~6.48 mg/mL 범위로 노루궁뎅이버섯 균사체 인삼배양물에서 가장 높았

고, ABTS에 의한 총 항산화력은 1.37~4.03 mg AA eq/g 범위로 상황버섯 균사체 인삼배양물이 가장 높았다. α-Glucosidase 억제활성은 50일 배양된 상황버섯 균사체 인삼배양물에서 92.51%로 가장 높게 나타내었으며, tyrosinase 저해활성은 40일 배양된 영지버섯 균사체 인삼배양물에서 13.21%로 가장 높게 나타났다. 인삼을 균사체로 배양할 경우 40일 정도 배양하면 항산화활성이 증가된 인삼제품을 만들 수 있으리라 생각된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린 21 사업(과제번호: 20080401034033) 예산으로 추진된 연구의 일부로서 연구비를 지원해 주신 농촌진흥청 바이오그린 사업단에 감사를 드립니다.

문 헌

1. Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 247-254.
2. Ju HK, Lee KU, Choi BK, Bak MY, Hong SP. 1975. A study on the nutritive effect of ginseng meal in laying hen. *Korean J Food Sci Technol* 7: 11-14.
3. Choi M, Shin GJ, Choi GP, Do JH, Kim JD. 2003. Synergistic effects of extracts from Korean red ginseng, *Saururus chinensis* (Lour.) Baill. and *Rubus coreanus* Miq. on antioxidative activities in rats. *Korean J Medicinal Crop Sci* 14: 27-30.
4. Lee SE, Lee SW, Bang JK, Yu YJ, Seong NS. 2001. Antioxidant activities of leaf, steam, and root of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J Medicinal Crop Sci* 12: 237-242.
5. Yu HE, Cho SM, Seo GS, Lee BS, Lee DH, Lee JS. 2006. Screening of bioactive compounds from mushroom *Pholita* sp. *Korean J Mycol* 34: 15-21.
6. Lim HR, Shim MJ, Kim HW, Lee CO, Choi EC, Kim BK. 1984. Antitumor components extracted from the cultured mycelia of *Lyophyllum decasstes*. *Korean J Phamacogn* 15: 61-73.
7. Yanmaguchi M, Yearul KA. 1987. Effect of shitake and maitake mushroom on blood pressure and plasma lipids of spontaneously hypertensive rats. *J Nutr Sci Vitaminol* 33: 341-345.
8. Park MH, Oh KY, Lee BW. 1998. Anti-cancer activity of *Letinus edodes* and *Pleurtus*. *Korean J Food Sci Technol* 30: 702-708.
9. Kim GJ, Kim HS, Chung SY. 1992. Effect of varied mushroom on lipid compositions in dietary hypercholesterolemic rats. *J Korean Soc Food Nutr* 21: 131-135.
10. Shon MY, Seo KI, Chio SY, Sung NJ, Lee SW, Park SK. 2006. Chemical compounds and biological activity of *Phellinus baumii*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 35: 524-529.
11. Kim JO, Jung MJ, Choi HJ, Lee JT, Lim AK, Hong JH, Kim DI. 2008. Antioxidative and biological activity of hot water and ethanol extracts from *Phellinus linteus*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 684-690.
12. Atsumi S, Nosaka C, Ochi Y, Iinuma H, Umezawa K. 1993. Inhibition of experimental metastasis by an α-glucosidase inhibitor, 1,6-epi-cyclophellitol. *Cancer Res* 53: 4896-4899.
13. Lee SY, Rhee HM. 1990. Cardiovascular effects of mycelium extract of *Ganoderma lucidum*; inhibition of sympathetic outflow as a mechanism of its hypotensive action. *Chem Pharm Bull* 38: 1359-1364.
14. Adachi T, Ohno N, Ohsawa M, Oikawa S, Yadomae T. 1990. Macrophage activation in vitro by chemically cross-linked(1→3)-β-D-glucan. *Chem Pharm Bull* 38: 988-992.
15. Usui T, Iwasaki Y, Hayashi K, Mizuno T, Tanaka M, Shinkai K, Arakawa M. 1981. Antitumor activity of water-soluble β-D-glucan elaborated by *Ganoderma applanatum*. *Agric Biol Chem* 45: 323-326.
16. Sone Y, Okuda R, Wada N, Kishida E, Misaki A. 1985. Structures and antitumor activities of the polysaccharides isolated from fruiting body and the growing culture of mycelium of *Ganoderma lucidum*. *Agric Biol Chem* 49: 2641-2653.
17. Kawagishi H, Shimada A, Hosokawa S, Mori H, Sakamono H, Ishiguro Y, Sakemi S, Bordner S, Kojima N, Furukawa S. 1996. Erinacines E, F, and G, stimulators of nerve growth factor (NGF)-synthesis, from the mycelia of *Hericium erinaceum*. *Tetrahedron Lett* 37: 7399-7402.
18. Cho SM, Park JS, Kim KP, Cha DY, Kim HM, Yoo ID. 1999. Chemical features and purification of immunostimulating polysaccharides from the fruit bodies of *Agaricus blazei*. *Korean J Mycology* 27: 170-174.
19. Jeong JH, Lee KE, Lee SY. 2006. Optimization of submerged cultivation of *Hericium erinaceum*. *Korean J Biotechnol Bioeng* 21: 96-102.
20. Jeong JH, Wee JJ, Shin JY, Cho JH, Jung DH. 2005. Antioxidative effect of crude saponin fraction prepared from culture product of basidiomycota cultured with fresh ginseng as substrate. *Korean J Food Sci Technol* 37: 67-72.
21. Dewanto V, Xianxhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
22. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1203.
23. Kim HY. 1997. In vitro inhibitory activity on rat intestinal mucosa α-glucosidase by rice hull extract. *Korean J Food Sci Technol* 29: 601-608.
24. Yagi A, Kanbara T, Morinobu N. 1986. The effect of tyrosinase inhibition for aloe. *Planta Med* 3981: 517-519.
25. Kim SJ, Lim DK, Hyung SW, Kim MS, Kim MN, Lee KK, Ha YL. 2004. Inhibition of lipid autoxidation by the extract of the submerged-liquid culture of mushroom in the medium containing mulberry tree powder. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 249-254.
26. Yang SJ, Woo KS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. 2006. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
27. Manzocco L, Calligaris S, Mastrocola D, Nicoli MC, Lerici CR. 2001. Review of non-enzymatic browning and antioxidant capacity in processed foods. *Trends Food Sci Technol* 11: 340-346.
28. Choi HD, Seog HM, Park YK, Park YD, Kim JA. 2007. Hypoglycemic effects of basidiomycetes mycelia and cereals fermented with basidiomycetes. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 36: 1257-1262.
29. Kim DH, Choi HJ, Bae EA, Han MJ, Park SY. 1998. Effect of artificially cultured *Phellinus linteus* on harmful intestinal bacterial enzymes and rat intestinal α-glucosidases. *J Fd Hyg Safety* 13: 20-23.
30. Lee SH, Kim SY, Kim JJ, Jang TS, Chung SY. 1999. The

isolation of the inhibitory constituents on melanin polymer formation from the leaves of *Cercis chinensis*. *Korean J Pharmacogn* 30: 397-403.
31. Ra KS, Suh HJ, Chung SH, Son JY. 1997. Antioxidant activity of solvent extract from onion skin. *Korean J Food Sci Technol* 29: 595-600.
32. Kong YH, Lee YC, Choi SY. 2009. Neuroprotective and anti-inflammatory effects of phenolic compounds in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *J Ginseng Res* 33: 111-114.
33. Park CK, Kim H, Tu Q, Yu KW, Jeong HS, Lee HY, Jeong JH. 2009. Chemical composition and immunostimulating activity of the fermented Korean ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer) with mushroom mycelium by solid culture. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 1145-1152.

(2010년 6월 3일 접수; 2010년 8월 1일 채택)