

약용 버섯 중 노루궁뎅이 버섯 열수 추출물의 항염증 효과

이 춘 복[¶]

영산대학교 한국식품조리학과[¶]

Anti-inflammation Activity of Water Extracts from *Hericium Erinaceum* among Medicinal Mushrooms

Chun-Bok Lee[¶]

Department of Korean Food & Culinary Arts, Youngsan University[¶]

Abstract

Macrophage-derived nitric oxide (NO) plays an important role in immune responses. Overproduction of NO by inducible nitric synthase(iNOS) is known to be closely correlated with the pathology of a variety of diseases and inflammations. This study investigated the inhibitory effect of extract from various mushrooms(*Phellinus linteus*(PL), *Inonotus obliquus*(IO), *Sarcodon aspratus*(SA), *Hericium erinaceum*(HE), and *Russula cutefracta*(RC)) on NO production and its molecular mechanism in lipopolysaccharide (LPS)-stimulated RAW264.7 cells. Among the mushrooms, HE extracts exhibited the strongest NO-inhibition activity. It was also found that HE extract inhibited LPS-induced iNOS and COX-2 expression in RAW264.7 cells. The present results give the understanding of biological activities of mushrooms and encourage their application for supplements and cook.

Key words: anti-inflammation, *Inonotus obliquus*, *Phelinus linteus*, *Sarcodon aspratus*, *Hericium erinaceum*, *Russula cutefracta*

I. 서 론

버섯은 영양이 풍부할 뿐 아니라 독특한 맛과 향기를 지니고 있어 예로부터 식용 및 약용으로 널리 이용되어져(Ota S 1984)왔다. 특히 항산화(Lee SJ 등 2010) 활성, 생체방어, 질병회복과 뇌졸중(Yearul KA·Shuichi K 1989), 심장병 등의 성인병에 대한 예방과 노인성 치매 등의 개선효과가 있는 것으로 알려져 있다(Yamaguchi M·Yearul KA 1987). 또한, 버섯에서 분리된 β -D-glucan의 항암 작용, 항산화 활성, 항종양 효과 등이 보고되

는 등 버섯에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다 (Ebihara K·Minamishima Y 1984).

노루궁뎅이버섯은 가을철 떡갈나무나 너도밤나무 등 활엽수의 고목이나 생목에서 발생하며 자실체는 지름 25 cm미만으로 초기에는 계란형 또는 반구형으로 성장하며 완전히 성장하면 항암, 치매억제 및 면역기능이 증가된다(Mizuno T 등 1992; Park SH 등 2001). 이에 일본과 중국 등에서는 식품원료로 널리 사용이 되고 있으나 우리나라에서는 가공용 식품원료로 사용이 제한되고 있다.

상황버섯은 진흙버섯속에 속하는 백색 부후균으로 뽕나무 줄기 등에 자생하며, 갓표면을 제외하고는 모두 황색을 나타내어 상황이라 부른다. 이러한 상황버섯의 자실체는 면역체계를 강화하고, 항알러지, 항고혈압, 항암활성이 우수하여 심장병 및 성인병 예방에 효능이 있는 것으로 알려져 있다(Ji JH 등 2000; Kang IJ 등 2001; Kim JS 등 1998; Kwoen DJ 등 2006; Kwon SH 등 2003; Rhee YK 등 2000).

능이버섯은 우리나라에서 선호도가 높은 식용버섯으로 토양이 비옥하고 습한 산림에 자생하며 맛과 향이 뛰어나 향버섯이라고도 한다(Jeong OJ 등 2001). 담자균강 민주름버섯목 굴뚝버섯과에 속하는 능이는 한국과 일본 등에서 수요가 많지만 생산량이 부족하고 노동집약적 채집으로 고가이다(Kim HE 등 2000). 최근 능이버섯에 면역조절(Mizuno M 등 2000), 항산화(Kim JW 등 2005), 세포 사멸 보호효능(Lee SJ 등 2011), 혈중 콜레스테롤 저하 등 다양한 생리활성이 있음이 보고되었다(Song JH 등 2003).

차가버섯은 소나무비늘버섯속, 시루뻔버섯속에 속하는 버섯으로, 육종암에 대한 항암효과가 보고된 이후(Kahlos K 등 1986), HIV 억제효과, 항균작용, 항변이원성 작용 등에 대한 연구가 광범위하게 진행되어지고 있지만 아직까지 각종 생리활성에 대한 차가버섯의 유효성분들에 대해서는 불분명한 점들이 많다(Zheng X 등 2009).

청버섯은 담자균류 주름버섯목 무당버섯과에 속하는 식용버섯으로 여름에서 가을에 걸쳐 발생하고 맛과 향이 부드럽다는 특징(Ahn CS 등 2008)을 가지고 있지만 그에 대한 생리활성 연구는 거의 이루어지지 않아 활발한 연구가 요구된다.

이러한 버섯류의 효능으로 미루어 볼 때, 향후 고부가가치 기능성 식품소재로써 사용이 기대되므로 식품 및 조리학적인 측면에서 구체적으로 연구해야 할 필요가 있다.

염증 반응에서 대식세포(macrophage)는 병원체에 반응하여 interleukin-1 β (IL-1 β), IL-6, 그리

고 tumor necrotic factor- α (TNF- α)와 같은 사이토카인(cytokine)을 생성하고, iNOS와 cyclooxygenase-2(COX-2)를 생합성하여 NO 및 prostaglandin E2(PGE2)를 생성한다(Jin HJ 등 2010; Strorck M 등 1994; Moncada S 등 1991; Wink DA·Mitchell JB 1998). 일반적으로 NO는 생체내에서 세균과 종양을 제거하고 혈압을 조절하며 신경 전달을 매개하는 등 다양한 역할을 하며 (Kubes P 2000), neuronal NOS(nNOS), endothelial NOS(eNOS) 그리고 iNOS 세가지 형태의 NOS에 의해 합성된다. nNOS와 eNOS는 세포 내에 항상 존재하지만, iNOS는 interferon- γ , LPS 그리고 다양한 염증유도 사이토카인에 노출되는 경우에만 발현된다(Moncada SR 등 1991). 따라서 염증 반응이 일어나면 관련 세포에서 iNOS의 발현이 증가하여 많은 양의 NO가 생성하고, 과도하게 생성된 NO는 조직의 손상, 유전자 변이, 신경 손상 등을 유발하고, 혈관 투과성을 증가시켜 부종 등의 염증 반응을 촉진시킨다(Yun HY 등 1996). Prostaglandin E2(PGE2)는 통증과 발열에 주로 관여하는 염증 인자로서 염증 반응이 일어나면 대식세포의 COX-2에 의해 생성된다(Wang MT 등 2007, Sarkar D 등 2008). 따라서, 염증 반응에서 생성되는 물질 중 iNOS, COX-2와 같은 물질의 생성 억제를 확인하여 항염증 효과를 확인할 수 있다.

이에 본 연구에서는 다양한 효능을 나타내는 상황, 능이, 차가, 노루궁뎅이 그리고 청버섯의 열수 추출물의 항염증 효과를 검증하여 버섯을 이용한 생리 기능성 바이오 소재 개발 및 조리 연구를 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

본 실험에 사용한 버섯은 2011년 9, 10월경 반여 농산물 시장(부산, 한국)에서 구입하여 음지에서 7일간 건조한 후 분쇄기로 분쇄하여 사용하였다(Hanil, 서울, 한국). Lipopolysaccharide(LPS)는

Sigma Chemical Co.(St. Louis, MO, USA)사에서 구입하여 사용하였다. 세포 배양계에서 항염증 활성을 측정하기 위해 사용한 RAW264.7 세포는 한국세포주은행(Seoul, Korea)에서 분양받아 사용하였다. 또한, Dulbecco's Modified Eagle Medium (DMEM), fetal bovine serum(FBS), penicillin-streptomycin 는 Invitrogen사에서 구입하여 사용하였다. 그 외의 모든 시약은 분석용 특급시약을 사용하였다.

2. 열수 추출

실험에 사용된 버섯의 효율적인 추출을 위하여 열수 추출을 시행하였다. 상황, 능이, 차가, 노루 궁뎅이 그리고 청버섯 건조 분말 시료 50 g에 3차 멀균 증류수 1 L를 첨가하여 추출 하였고 같은 과정을 3회 반복하여 여과지(No. 5, Whatman, Maidstone, England)로 잔재물을 제거한 후 rotary vacuum evaporator(EYELA, Tokyo, Japan)로 농축하고 동결건조 하여 시료화 한 후 -20°C에서 보관하여 사용하였다.

3. 세포 배양

RAW264.7 마크로파지 세포의 배양은 DMEM 배지에 10% 불활성시킨 FBS를 첨가하고 항생제를 mL 당 10 µg 넣은 것을 사용하였다. 세포는 10 - 12번의 계대배양을 통해 세포가 안정된 상태에서 실험을 진행하였고 배양기의 온도는 37°C이었으며 CO₂는 5 %의 조건으로 사용하였다.

4. 세포 생존 측정

세포의 생존율은 3-(4,5-dimethylthiazole-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT) 환원 방법을 이용하여 측정하였다. 세포를 24-well plates에 5×10^4 cells/mL 농도로 1.0 mL씩 분주한 뒤 24시간 동안 배양하고 각 시료를 최종 농도(0, 0.125, 0.25, 0.5, 1.0 그리고 2.0 mg/mL)가 되도록 세포에 처리하여 24시간 동안 배양하였다. 이후 MTT 용액(5.0 mg/mL)을 가하고 37°C에서 4시간을

배양하여 MTT를 환원시켜 생성된 formazan이 배지에서 분리되지 않도록 배지를 제거하였다. DM SO를 200 µL 분주하여 20분 동안 혼합한 후 540 nm에서 흡광도를 측정하였다(SECOMAM, Ales, 프랑스)(Lee SJ 2012).

5. NO 측정

LPS에 의해 손상된 세포로부터 생성된 nitrite를 측정하기 위하여 griess 반응을 이용하였다. MA JS 등 (2010)의 방법을 응용하여 griess 시약의 diazo기가 nitrite를 만나면 분홍색으로 변하게 되는 색의 반응을 측정하였다. RAW 264.7 세포를 24-well plates에 5×10^4 cells/well이 되도록 분주하고 12시간 배양한 후 버섯 추출물을 0, 0.125, 0.25, 0.5 그리고 1.0 mg/mL과 LPS 0.1 µg/mL의 농도로 동시에 처리 또는 LPS 단독 처리하여 18시간을 배양하였다. Nitrite의 측정은 Griess reagent system을 이용하여 분석하였다.

6. Western blot법을 이용한 단백질 발현량 분석

단백질 발현량 분석은 Lee SJ 등(2012)의 방법에 준하여 진행하였다. Raw 264.7 세포를 60 mm tissue culture dish에 2×10^5 cells/well에 되도록 분주하고 24시간 동안 배양하였다. 배지를 제거한 후 버섯의 열수 추출물을 처리한 배지로 교환하고 24시간 배양한 후 PBS로 세척하였다. Lysis buffer 100 µL을 첨가하여 세포를 용해시키고 원심분리하여(4°C, 12,000 rpm, 20 min) 세포막 성분들을 제거하였다. 원심 분리하여 얻은 단백질은 bradford assay로 정량하였으며, 20 µL의 단백질을 10%의 SDS-PAGE를 이용하여 전기 영동한 후, PVDF membrane에 옮겨 70 V에서 2시간 이상 transfer하였다. Transfer가 끝나면 ponceau에 담근 후 band를 확인하고 TBST로 5회 이상 세척한 후 꺼내서 5% skim milk로 overnight 시켜 항체의 비특이적 결합을 억제시켰다. 5회 washing 후 1차 antibody(1:1000)를 1시간 동안 반응 시킨

후 다시 2차 antibody(1:1000)를 반응 시키고 ECL kit(Amersham Pharmacia, England)를 이용하여 발현량을 측정하였다. Band density는 LAS-3000 (Bid-rad, America)으로 확인하여 Image gauge로 수치화하였다.

7. 통계분석

모든 결과는 3회 반복 측정 후 평균±표준편차로 나타내었으며, 유의성 검증은 Window용 SPSS 12.0 version을 이용하여 student t-test one way를 이용하였으며 Duncan's new multiple range test으로 사후검증 하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 버섯 추출물

본 연구에서 사용한 버섯 5종을 열수 추출을 시행한 결과 각각 32.9(청버섯), 38.2(능이버섯), 41.9(상황버섯), 43.3(차가버섯), 그리고 49.7(노루궁뎅이버섯)%의 수율을 확인하였다(Table 1). 이와 같은 결과는 폐기되어지는 버섯의 추출 후 잔사를 이용하여 유기용매 및 효소를 이용한 가수분해를 시행함으로써 결과적으로 버려지는 물질을 재사용하는 식품 소재원이 될 것이라고 판단되어진다.

2. 세포 생존 측정

상황, 차가, 능이, 노루궁뎅이 그리고 청버섯 열수 추출물을 이용하여 마크로파지 세포인 RAW 264.7 세포에 대한 세포독성을 확인하기 위하여

MTT assay를 수행하였으며, RAW264.7 세포에서 상황, 차가, 능이 그리고 청버섯 2.0 mg/mL 이하의 농도에서 90%의 세포생존율을 나타내었다 (Fig. 1). 이는 천연물로써 세포주에 특별한 독성이 없다는 것을 의미한다. 지금까지의 결과를 바탕으로 수율이 가장 높고 세포 생존 능력이 가장 우수한 노루궁뎅이버섯을 사용하여 열수 추출물의 NO 생성 억제 효과 측정 및 단백질 발현을 분석하였고 선행연구를 바탕으로 최적의 농도를 0.125, 0.25, 0.5 그리고 1.0 mg/mL를 선택하여 실험을 진행하였다.

본 연구 결과와 유사하게 Lee SJ 등(2010)은 노루궁뎅이버섯의 pepsin 가수분해물이 자유라디칼의 소거활성이 매우 우수하다고 보고하였고 정상 신경세포의 산화적 손상을 유도시킨 후 노루궁뎅이 가수분해물을 처리하였을 때 약 50%의 산화적 손상을 저해시킨 것을 확인하였다. 또한, Kim EK 등(2011)은 차가버섯 추출물 1.0 mg/mL에서 세포내 DNA에 대하여 손상군인 H₂O₂로부터 70% 이상 보호하는 것을 확인하였다. 이와 같은 결과는 버섯이 함유하는 고유의 유효한 성분이 특이적으로 독성 및 자극에 대하여 세포를 보호하는 것을 나타낸다.

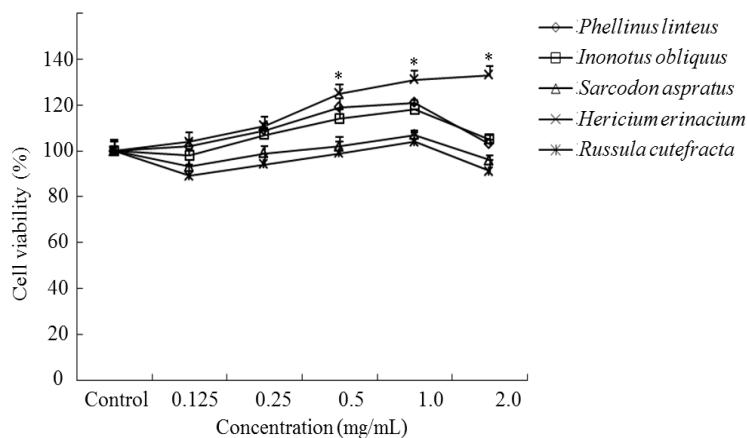
3. NO 측정

세균 내독소로 알려진 LPS를 마크로파지에 처리하게 되면 염증성 cytokine, NO와 같은 매개물질이 생성되어 병리학적 반응이 유발되어진다 (Harris SG 등 2002). RAW264.7 세포에 아무 처리를 하지 않은 정상군에 비해 LPS(100 ng/mL) 단독 처리군에서는 약 8배의 NO가 증가하였다. 반

〈Table 1〉 Yield of water extract from various mushrooms

Mushrooms	Yield (%) ¹⁾
<i>Phellinus linteus</i>	41.9±0.018 ^b
<i>Inonotus obliquus</i>	38.2±0.022 ^c
<i>Sarcodon aspratus</i>	43.3±0.007 ^b
<i>Hericium erinaceum</i>	49.7±0.049 ^a
<i>Russula cutefracta</i>	32.9±0.034 ^d

¹⁾Values represent means ± SD (n=3)



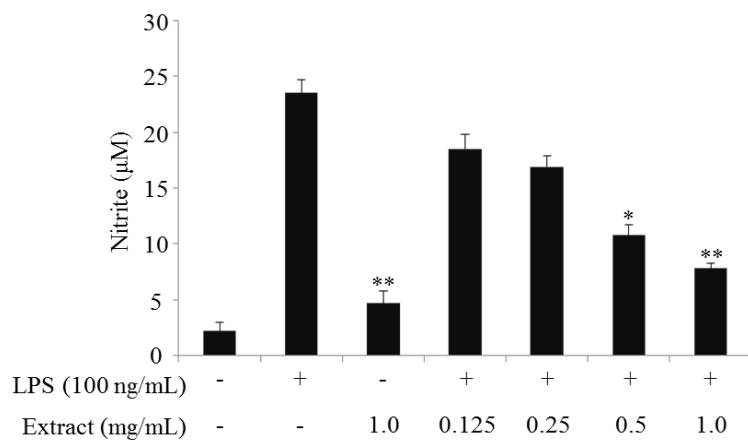
*p<0.05

〈Fig. 1〉 Effect of PL, IO, SA, HE and RC water extracts on cytotoxicity in RAW264.7 cells. All mushroom water extract was treated with various concentrations in RAW264.7 cells for 24 hr. Values are mean \pm SD of determinations in each case.

면, LPS와 노루궁뎅이버섯 열수 추출물을 0.125, 0.25, 0.5 그리고 1.0 mg/mL 농도로 동시에 처리한 경우에는 농도 의존적으로 NO 생성 억제효과를 확인하였다(Fig. 2). 또한 0.5(p<0.05) 와 1.0 (p<0.01) mg/mL의 농도에서 유의적인 NO 생성 저해 활성을 나타내었고, 1.0 mg/mL의 농도에서

약 65%의 NO를 저해하는 것을 확인하였다.

Ahn CS 등(2009)은 상황버섯 추출물에 대하여 사염화탄소에 의해 간 손상이 유발된 동물모델의 간을 적출하여 NO의 생산량을 측정한 결과 상황버섯 추출물군에서 대조군인 사염화탄소군에 비해 약 25% NO 생성 억제효과를 관찰하였다고 보



*p<0.05, **p<0.01.

〈Fig. 2〉 Effect of water extract from HE on NO production in RAW264.7 cells were treated with 0.125, 0.25, 0.5, and 1.0 mg/mL. Values are mean \pm SD of determinations in each case.

고하였다.

L-arginine이 L-citrulline으로 변화되는 과정에서 부산물로 생성되는 NO는 세포의 항상성 유지에 중요한 역할을 하는 물질로 다양한 자극에 의해 여러 종류의 세포에서 합성된다. 정상적으로 혈관 확장, 신경 전달 체계, 항균 물질, 면역조절 등의 생체 내에서 긍정적인 작용을 하지만 병원체 등에 의해 과도하게 증가된 NO는 세포의 파괴 및 염증 반응을 유발한다.

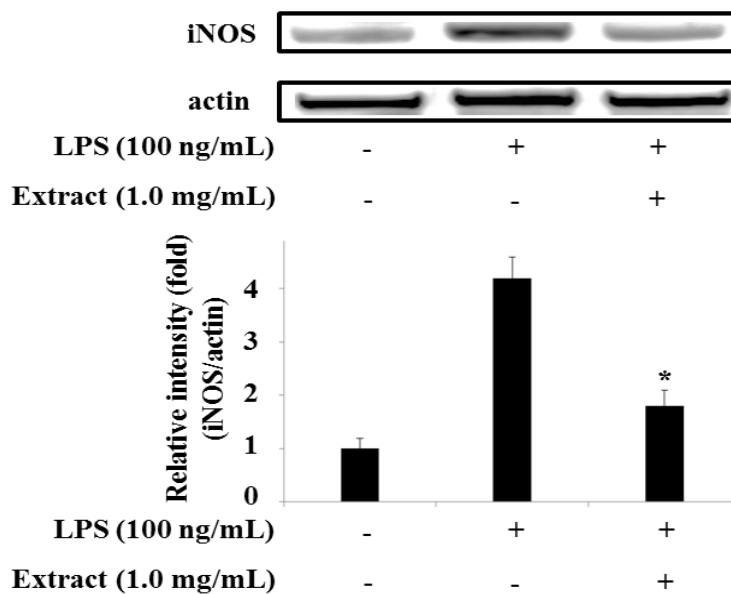
본 연구에서는 이렇게 LPS에 의해 생성된 NO의 저해활성을 노루궁뎅이버섯 추출물을 이용하여 확인하였고 좀 더 심도 있는 연구를 진행하고자 NO생성에 직접적인 영향을 미치는 iNOS 및 NO에 의해 활성화되어 염증을 유도하는 COX-2의 발현에 대하여 단백질 발현량 분석을 실시하였다.

4. Western blot법을 이용한 단백질 발현량 분석

NO 생성 억제에 가장 효능이 우수한 노루궁뎅이버섯의 열수 추출물의 iNOS와 COX-2의 단백

질 발현억제에 관한 효과를 wetern blot으로 분석하였다. RAW264.7 세포에 LPS (100 ng/mL) 단독 처리군과 노루궁뎅이버섯 열수 추출물 1.0 mg/mL 동시 처리군을 24시간 배양하였고 그 결과, iNOS 단백질 발현을 약 60% 저해하였으며 이는 노루궁뎅이버섯이 염증성질환 세포주 내에서 긍정적 역할을하는 것을 확인할 수 있었다(Fig. 3). COX-2에서도 마찬가지로 유의적으로 큰 차이를 확인하였고 약 50%의 발현을 억제하는 것을 확인하였다(Fig. 4). 이러한 결과로부터 노루궁뎅이버섯 열수 추출물이 iNOS와 COX-2의 발현 저해활성이 우수함을 확인할 수 있었으며 iNOS의 발현억제가 NO의 생성저해를 유도하는 것을 확인 할 수 있었다.

이와 같은 결과는 기존의 Lee SJ 등(2010)이 발표한 노루궁뎅이버섯의 pepsin 가수분해물과 비교하였을 때 세포주에 대한 단백질 발현량 분석에서 유사한 결과를 나타내었는데 이는 노루궁뎅이버섯이 함유하고 있는 유효물질이 비슷하기 때문이라고 분석되어지며 노루궁뎅이버섯이 함유



〈Fig. 3〉 Effect of water extract from HE on LPS-induced iNOS expression. *($p<0.05$), **($p<0.01$) are significantly different as analyzed by paired t-test compared with LPS-stimulated group.

하는 단일 유효 물질로 분리·정제 및 구조 동정이 필요할 것으로 판단되어진다.

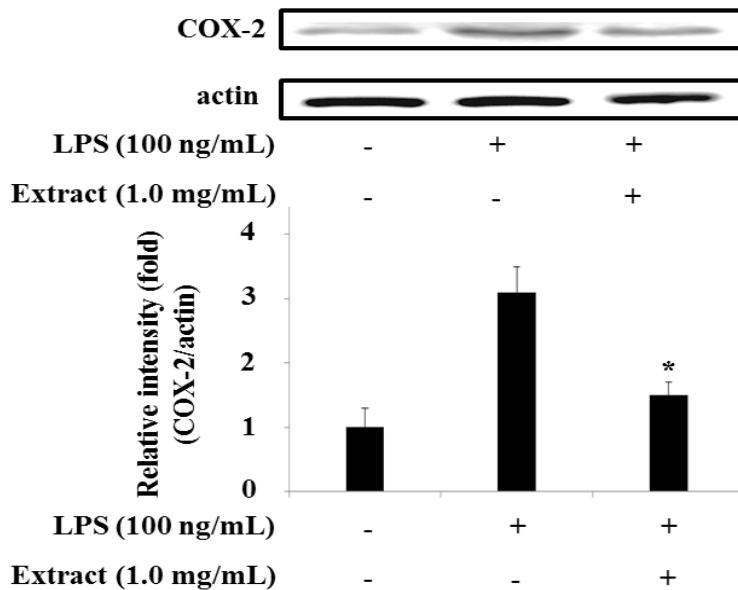
본 연구에서는 항염증 효과의 기전 중 iNOS와 COX-2의 발현을 억제하는 것을 확인하였다. 하지만 추가적으로 두 단백질의 발현 조절에 관여하는 세포내 주요 인자에 대한 연구가 필요하다. 또한, 버섯 추출물과 염증 반응간에 관련된 다른 사이토카인의 관계에 대한 연구가 필요하고 버섯 추출물의 염증 억제에 대한 효과를 명확하게 확인하기 위해서는 TNF- α 와 같이 염증 초기에 관여하는 단백질 발현에 버섯 추출물이 미치는 영향 등에 대한 다양한 연구가 필요하다.

이러한 연구를 바탕으로 기존에 버섯의 유효성분의 염증관련 질환에 대하여 직접적으로 처리하여 효능을 확인하였던 한의학에서 벗어나 좀 더 진보 된 형태의 경구 복용으로서의 활용 가능성이 있을 것으로 추정된다. 또한, 버섯이라는 천연 자원을 이용하였기 때문에 부작용의 문제에서도 자유로울 수 있다고 판단되어지며 추가적으로 염증 반응을 일으키는 기본적인 세포의 산화적 요

인에도 적용하여 연구를 폭넓게 접근할 필요성이 있다. 이러한 기초 연구는 조리업과 외식업계에 버섯류의 효능에 대한 과학적 데이터를 제시함으로써 버섯의 효능도 알리면서 소득 및 매출 증대에도 큰 영향을 미칠 것으로 예상되어지는 바이다.

IV. 결론 및 요약

본 연구에서는 상황, 능이, 차가, 노루궁뎅이 그리고 청버섯으로부터 열수 추출물의 항염증 효능을 탐색하였다. 5종류의 버섯 열수 추출물을 이용하여 정상 마크로파지 세포에서 노루궁뎅이버섯 열수 추출물은 NO의 저해 효능도 농도 의존적으로 감소하는 것을 확인하였다. 추가적으로 세포의 면역학적 분석인 western blot으로 iNOS와 COX-2를 수행하였을 때 LPS군에 비해 노루궁뎅이버섯 열수 추출물군에서 iNOS와 COX-2 단백질 발현량이 유의적인 차이로 감소하는 것을 확인하였다.



〈Fig. 4〉 Effect of water extract from HE on LPS-induced COX-2 expression. *($p<0.05$), **($p<0.01$) are significantly different as analyzed by paired t -test compared with LPS-stimulated group.

식품의 주요기능은 영양을 공급하며 먹는 즐거움을 통하여 삶의 만족을 주는 것으로 알려져 있지만 현대 사회에서는 식품의 3차 기능인 특정식품의 생리활성 성분에 관한 유용성에 관심이 집중되어지고 있는 추세이다. 그 원인으로는 경제 성장에 맞추어 국민의 소득 증가를 꼽을 수 있으며 이에 따라 건강에 대한 관심이 높아지고 이에 대응하는 항산화, 항암, 항염증과 같은 면역계 질환의 예방 및 보호 효과(Park SY 등 1992)를 나타내는 천연자원과 식품에 대한 관심과 연구가 활발히 진행되어지는 추세이다(Lee JH·Lee SR 1994). 천연자원 및 식품으로써 생리활성이 우수한 소재로는 여러 가지가 알려져 있지만 가장 대표적인 소재로써 버섯류를 꼽을 수 있다. 버섯은 수천 종이 자생 또는 재배되어지고 있으며 기능성 식품에서도 큰 주목을 받고 있다. 그러나 그 추세가 원료공급을 통한 식품원으로써 제한적인 현실이고 그 효능을 나타내는 유효물질에 대하여 최근에 연구가 진행되어지는 단계로써 아직까지 명확히 확립되어있는 상태가 아니기 때문에 본 연구를 바탕으로 얻어진 결과는 외식산업에 버섯과 염증성질환과의 관계에 대한 기초 지식을 제공할 것으로 사료되어지지만 좀 더 명확한 결과를 위하여 차후 필수 연구인 분리, 정제를 통하여 유효 물질을 발굴하여 새로운 소재를 찾아내는 연구가 필요할 것으로 판단되어지며 효소활성 및 동물모델의 확립 등이 추가적으로 필요할 것으로 판단된다.

한글 초록

NO는 대식세포의 면역조절에서 중요한 역할을 하며 iNOS의 과발현시 NO가 다량으로 발생을 하며 결과적으로 NO의 증가는 다양한 염증성 질환을 유발한다. 이에 본 연구에서는 식용 및 약용 버섯인 상황, 차가, 능이, 노루궁뎅이 그리고 청버섯을 이용하여 RAW264.7 세포에 LPS로 유도 된 NO의 생성에 억제 활성을 통한 항염증 효능 및

그 기작을 분석하였다. 5종의 버섯 중 노루궁뎅이 버섯 열수 추출물의 NO 저해 활성이 가장 우수함을 확인하였다. 노루궁뎅이버섯 열수 추출물은 또한 LPS로 유도된 iNOS, COX-2 등 염증유발 인자의 발현량을 감소시켰다. 이러한 결과는 버섯류의 생리활성을 구체적으로 제시한 것으로, 버섯류를 이용한 생리 기능성 바이오 소재 개발 및 조리연구를 위한 기초자료로 널리 활용되리라 사료된다.

참고문헌

- 최세영, 안치선, 정용준, 김해란, 전윤희, 임병우 (2008. 10월). 청버섯 에탄올 추출 성분이 Macrophage cell line Raw264.7에서 면역 조절에 미치는 효과. 한국식품영양과학회 국제 심포지엄, 제주(라마다), P8-311.
- Ahn CS, Choi SY, Jin HL, Jeon YH, Hur SJ, Kim IH, Park GD, Jeoung YJ, Lim BO (2009). Immunomodulatory effects of phellinus linteus extracts on liver damage induced by carbon tetrachloride in rats. *J Medicinal Crop*, 17(3): 217~222.
- Ebihara K, Minamishima Y (1984). Protective effect of biological response modifiers on murine cytomegalovirus infection. *J Virology* 51(1): 117~122.
- Harris SG, Padila J, Koumas L, Ray D, Phipps RP (2002). Prostaglandins as modulators of immunity. *Trends Immunol* 23(3):144~150.
- Jeong OJ, Yoon HS, Min YK (2001). Aroma characteristics of Neungee (*Sarcodon aspratus*). *Kor J Food Sci Technol* 33(3):307~312.
- Ji JH, Kim MN, Chung CK, Ham SS (2000). Antimutagenic and cytotoxicity effects of *Phellinus linteus* extracts. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 29(2):322~328.
- Jin HJ, Kim JS, Kang SS, Son KH, Chang HW,

- Kim HP (2010). Anti-inflammatory and anti-arthritis activity of the roots of *Sophora flavescens*. *J Ethnopharmacol* 127(3):589~595.
- Kahlos K, Kangas L, Hiltunen R (1986). Antitumor tests of inotodiol from the fungus *Inonotus obliquus*. *Acta Pharm Fennica* 95(3):173~177.
- Kang IJ, Jung ME, Ham SS, Nam SM, Kim SJ, Chung CK (2001). Biochemical and histological effects of *Phellinus linteus* methanol extract on liver lipid metabolism of rats fed CCl₄ and high fat. *J Kor Soc Food Sci Nutr* 30(2):331~337.
- Kim EK, Lee SJ, Hwang JW, Kim CG, Choi DK, Lim BO, Kang H, Moon SH, Jeon BT, Park PJ (2011). *In vitro* investigation on antioxidative effect of *Inonotus obliquus* extracts against oxidative stress on PC12 cells. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 54(1):112~117.
- Kim HE, Park JN, Shin WS, Kim JS, Shin SC, Koo CD (2000). Suggestions for developing the cultivation technology of mycorrhizal mushrooms, pp. 58~62. Proc. 2nd Int. Sym. New Horizon of Biosci. Forest Product Field, Cheongju, Korea.
- Kim JS, Kwon MH, Lim OJ, Seong HJ, Yang HC (1998). Blood anticoagulation active substance from *Phellinus linteus* mycelia. *J Kor Soc Food Sci Nutr* (Spring symposium). 224.
- Kim JW, Moon BS, Park YM, Yoo NH, Ryoo IJ, Chinh NT, Yoo LD, Kim JP (2005). Structures and antioxidant activity of diketopiperazines isolated from the mushroom *Sarcodon aspratus*. *J Kor Soc Appl Biol Chem* 48(1):93~97.
- Kubes P (2000). Inducible nitric oxide synthase: a little bit of good in all of us. *Gut* 47(1):6~9.
- Kwoen DJ, Youn SJ, Cho JG, Choi UK, Kang SC (2006). Antioxidant activities and biological properties of *Phellinus linteus* extracts according to different extraction methods. *J Kor Soc Appl Biol Chem* 49(2):91~96.
- Kwon SH, Kim CN, Kim CY, Kwon ST, Park KM, Hwangbo S (2003). Antitumor activities of protein bound polysaccharide extracted from mycelia of mushroom. *Kor J Food Nutr* 16(1): 15~21.
- Lee JH, Lee SR (1994). Some physiological activity of phenolic substance in plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26(4):317~323.
- Lee SJ, Kim EK, Hwang JW, Kim CG, Choi DK, Lim BO, Moon SH, Jeon BT, Park PJ (2010). Neuroprotective effect of *Hericium erinaceum* against oxidative stress on PC12 cells. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 53(3):283~289.
- Lee SJ, Kim EK, Kim YS, Hwang JW, Lee KH, Choi DK, Kang H, Moon SH, Jeon BT, Park PJ (2012). Purification and characterization of a nitric oxide inhibitory peptide from *Ruditapes philippinarum*. *Food Chem Toxicol* 50(5): 1660~1666.
- Lee SJ, Kim EK, Oh HJ, Kwon HJ, Hwang JW, Moon SH, Jeon BT, Park PJ, Lim BO (2011). Free radical scavenging activity and protective effect against H₂O₂-induced stress in neuronal cells of enzymatic extracts from *Sarcodon aspratus*. *Korean J Medicinal Crop Sci* 19(2): 77~82.
- Ma JS, Kim WJ, Kim JJ, Kim TJ, Ye SK, Song MD, Kang H, Kim DW, Moon WK, Lee KH (2010). Gold nanoparticles attenuate LPS-induced NO production through the inhibition of NF- κ B and IFN- β /STAT1 pathways in RAW 264.7 cells. *Nitric Oxide-Biol Ch* 23(3):214~219.
- Mizuno M, Shiomi Y, Minato K, Kawakami S, Ashida H, Tsuchida H (2000). Fucogalactan isolated from *Sarcodon aspratus* elicits release

- of tumor necrosis factor-a and nitric oxide from murine macrophages. *Immunopharmacol* 46(2): 113~121.
- Mizuno T, Wasa T, Ito H, Suzuki C, Ukai N (1992). Antitumor activity polysaccharides isolated from the fruiting body of *Hericium erinaceum*: an edible and medicinal mushroom called tamabushitake or houtou. *Biosci Biotech Biochem* 56(2):347~348.
- Moncada S, Palmer RM, Higgs EA (1991). Nitric oxide: physiolohy, pathophysiolohy, and pharmacology. *Pharmacol Rev* 43(2):109~142.
- Ota S (1984). Shiitake (*Lentinus edodes*). *New Food Ind* 26(1):49~54.
- Park SH, Kim OM, Lee KR (2001). Antimutagenic and quinone reductase inducing activities of *Hericium erinaceus* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30(4):1287~1292.
- Park SY, Kim JW (1992). Screening and isolation of the antitumor agents from medicinal plants(1). *Kor J Pharmacong* 23(4):264~267.
- Rhee YK, Han MJ, Park SY, Kim DH (2000). In vitro and in vivo antitumor activity of the fruit body of *Phellinus linteus*. *Kor J Food Sci Technol* 32(2):477~480.
- Sarkar D, Saha P, Gamre S, Bhattacharjee S, Hariharan C, Ganguly S, Sen R, Mandal G, Chattopadhyay S, Majumdar S, Chatterjee M (2008). Anti-inflammatory effect of allylpyrocatechol in LPS-induced macrophages is mediated by suppression of iNOS and COX-2 via the NF-κB pathway. *Int Immunopharmacol* 8(9):1264~1271.
- Song JH, Lee HS, Hwang JK, Han JW, Ro JG, Keum DH, Park KM (2003). Physiological activity of *Sarcodon aspratus* extracts. *Kor J Food Sci Technol* 25(2):172~179.
- Storck M, Schilling M, Burkhardt K, Prestel R, Abendroth D, Hammer C (1994). Production of proinflammatory cytokines and adhesion molecules in ex-vivo xenogeneic kidney perfusion. *Transpl Int* 7(Suppl 1):647~649.
- Wang MT, Honn KV, Nie D (2007). Cyclooxygenases, prostanoids and tumor progression. *Cancer Metastasis Rev* 26(3-4):525~534.
- Wink DA, Mitchell JB (1998). Chemical biology of nitric oxide: Insights into regulatory, cytotoxic, and cytoprotective mechanisms of nitric oxide. *Free Radic Biol Med* 25(4-5):434~456.
- Yamaguchi M, Yearul KA (1987). Effect of shiitake and maitake mushroom on blood pressure and plasma lipids of spontaneously hypertensive rat. *J Nutr Sci Vitaminol* 33(4):341-345.
- Yearul KA, Shuichi K (1989). Dietary mushroom reduce blood pressure in spontaneously hypertensive rat. *J Nutr Sci Vitaminol* 35(1):91~94.
- Yun HY, Dawson VL, Dawson TM (1996). Neurobiology of nitric oxide. *Crit Rev Neurobiol* 10(3-4):291~316.
- Zheng X, Tong J, Li HJ, Chen YG (2009). The investigation of effect of organic carbon sources addition in anaerobic-aerobic (low dissolved oxygen) sequencing batch reactor for nutrients removal from waste waters. *Bioresource Technol* 100(9):251~255.

2012년 04월 27일 접 수

2012년 05월 14일 1차 논문수정

2012년 06월 18일 2차 논문수정

2012년 07월 11일 3차 논문수정

2012년 08월 30일 게재 확정