

# 목질진흙버섯HN00K9 배양 귀리의 단백질함량 및 생물활성 변화

김자윤<sup>2</sup> · 강희완<sup>1,3,\*</sup>

<sup>1</sup>한경국립대학교 생명공학부

<sup>2</sup>농촌진흥청 국립원예특작과학원 인삼특작부

<sup>3</sup>한경국립대학교 유전공학연구소

## Changes in protein content and bioactive activity in *Phellinus linteus* HN00K9 cultured on oat

Ja-Yoon Kim<sup>2</sup> and Hee-Wan Kang<sup>1,3,\*</sup>

<sup>1</sup>School of Biotechnology, Division of Horticultural Biotechnology, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

<sup>2</sup>Mushroom Science Division, National Institute of Horticultural and Herbal Science, RDA, Eumseong 27709, Korea

<sup>3</sup>Institute of Genetic Engineering, Hankyong National University, Anseong 17579, Korea

**ABSTRACT:** This study aimed to analyze crude protein, amino acid and bioactive changes in *Phellinus linteus* HN00K9 cultured oat. The crude protein content of *P. linteus* cultured oat (PCO) was 12.9%, which was higher than that of uncultured oats (UCO) as control at 11.26%. The total free amino acid contents of PCO and UCO were 11,4 mg/100 g and 9,686.205 mg/100 g, respectively. Glutamic acid accounted for 21% of the total amino acids of PCO, and the histidine content was increased by more than 51% in PCO compared to UCO. The total polyphenol content of PCO was 275 mg GAE/g, which was more than twice that of UCO (135 mg). The DPPH radical scavenging activity was 15.5% in PCO, which was more than five times that of UCO (3.5%). The  $\beta$ -glucan content of PCO was 12.5 g/100 g, which was more than five times that of UCO (3.2 g/100 g). Therefore, it is believed that PCO can be utilized as a material for various functional foods.

**KEYWORDS:** *Phellinus linteus* HN00K9, Oat, Culture, Protein content, Bioactivity

### 서론

벼과(Gramineae)에 속하는 귀리(*Avena sativa* L.)는 종실에 붙어있는 껍질의 유무에 따라 껍질이 붙어 있는 겉귀리와 껍질이 분리된 쌀 귀리로 구분된다(Lee *et al.*, 2016). 귀리는 오토밀과 같은 압맥, 후레이크 형태로 다른 곡물과 혼합형태로 이용되어 가루형태로 가공된다 (Verma, 2016). 미국의 FDA는 식

품 라벨에 통귀리 식품 섭취가 심장질환의 위험감소와 관련이 있다는 문구를 표시할 수 있도록 허가하였다(FDA 1997). 귀리는 다른 곡류에 비해  $\beta$ -glucan을 다량 함유하고 있어 혈중 콜레스테롤함량을 저하시킬 뿐만 아니라 당류의 소화 흡수를 억제하여 혈당농도를 낮추는 것으로 알려져 있다(Lee *et al.*, 2010). 귀리는 쌀보다 단백질함량이 2배이상, 지방질도 현미의 2배이며 75-80%가 불포화지방산으로 구성 되어 있으며 글루텐을 함유하고 있지 않아 곡물의 왕이라 칭하며 타임즈에서 선정한 세계 10대 super food에 속하여 많은 사람들의 관심을 불러일으켜 건강 기능성 식품소재로 이용이 급증 하고 있다 (Verma, 2016, Yang *et al.*, 2023). 귀리의 영양학적 및 기능성은 귀리를 이용한 다양한 식품소재로 이용되고 있으며, 관련된 가공제품 시장은 지속적으로 증가할 것으로 예상된다.

목질진흙버섯 (*Phellinus linteus*, PL)은 상황버섯이라 칭하며 진흙버섯속(*Phellinus* spp.), 민주름버섯목, 소나무비늘버섯과에 속하는 다년생 버섯이다. PL 상황버섯의  $\beta$ -glucan은 자연 살해세포(natural Killer, NK 세포), T-보조 세포(T-helper cell), 세포독성세포 T 세포, 대식세포 등의 인체 면역기능을 활성화하여 암세포 성장을 억제하는 것으로 알려져 있다(Zhu *et al.*,

J. Mushrooms 2024 September, 22(3):102-106

<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2024.22.3.102>

Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853

© The Korean Society of Mushroom Science

Ja-Yoon Kim (PhD., Researcher), Hee-Wan Kang (Professor)

\*Corresponding author

E-mail : kanghw2@hknu.ac.kr

Tel : +82-31-670-5420, Fax : +82-31-676-2602

Received August 5, 2024

Revised September 5, 2024

Accepted September 23, 2024

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2008). 목질진흙버섯 HN00K9 분리 동정 되어 재배 및 생물검정이 다른 상황버섯 종과 비교하여 보고 된 바 있다(Min *et al.*, 2021). 목질진흙버섯 HN00K9은 균사체 성장이 가장 양호하며 고 함량의 β-glucan과 다발리아락톤, 히스피딘 등 다양한 폴리페놀을 생산하며 항염, 항암 및 항산화 활성이 높은 것으로 보고 된 바 있다 (Min and Kang, 2021; Min *et al.*, 2020). 최근에는 목질진흙버섯 HN00K9을 대두에 균사체 배양하여 단백질함량과 아미노산함량 증가와 총페놀함량 및 DPPH radical 소거 능력 증가 등 대두의 기능성개선에 유효성이 보고 된 바 있다 (Kim *et al.*, 2023)

본 연구는 목질진흙버섯 HN00K9를 귀리에 배양하여 이화학적 분석과 생물활성을 조사하여 우수한 기능성 식품소재로서의 활용성 제고를 목적으로 수행 하였다.

### 재료 및 방법

#### 목질진흙버섯의 귀리 균사체배양체 생산

귀리 곡물을 끓는 물에 투입하여 20분 동안 열탕 처리하고 식힌 후 1000 mL 내열성 플라스틱 용기 (800 mL)에 투입하여 121°C에서 1시간 고압 살균하여 귀리곡물 배지를 제조 하였다. 목질진흙버섯 HN00K9을 YGM (Yeast Glucose Malt extract)고체배지에 원균을 접종하고 14일 후에 배지에 형성된 균사체를 균질기로 마쇄하고 500 mL의 YGM 액체배지에 접종하여 150 rpm에서 25°C에서 14일간 진탕 배양하여 액체종균으로 사용하였다. 상기에서 고압 살균한 귀리 곡물 배지에 액체 종균 20 mL를 접종하고 25°C에서 30일 동안 배양하였다.

#### 단백질함량

목질진흙버섯 HN00K9 귀리 배양체 (*Phellinus linteus* Cultured Oat, PCO)와 대조구로서 배양하지 않은 귀리 (Uncultured Oat, UCO)를 건조 시켜 분말 시료를 단백질 분석에 사용하였다. 일반성분은 Association of Official Analytical Chemists (AOAC) 법에 따라 수분함량은 105°C 건조법, 조 지방은 Soxhlet법, 회분은 550°C 회화법으로 분석하였고 조단백질은 원소분석기 (DKSH사, vario MAX cube)를 이용하여 전 질소량을 정량하고 질소 계수 6.25를 곱하여 조단백질로 하였으며 탄수화물은 100에서 수분, 조단백질, 조지방, 회분의 값을 제한 값으로 하였다.

#### 아미노산분석

PCO와 UCO건조분말 0.1 g을 포함하는 18mL test tube에 3mL의 6N HCl을 첨가하고 감압 밀봉(질소가스 충전)한 후 110°C에서 24시간 이상 동안 가수분해하였다. 가수분해가 끝난 시료는 50°C에서 rotary evaporate로 HCl을 제거한 후 Sodium dilution buffer 30 mL를 첨가하여 membrane filter 0.2 μm로 여과하였다. 시료를 적절한 농도로 희석한 후 Table 1과 같이 조건으로 아미노산 자동분석기(S433-H)로 정량 분석하였다.

Table 1. Analytical condition of amino acid

Instrument	Amino acid automatic analyzer S433-H(SYKAM)
Column	Cation separation column(LCA K06/Na)
Column size	4.6 × 150 mm
Column temperature	57 ~ 74°C
Flow rate	Buffer 0.45mL/min, reagent 0.25mL/min
Buffer pH range	3.45 ~ 10.85
Wavelength	fluorescence spectrophotometer (440 nm and 570 nm)

#### 총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis 방법(Chan *et al.*, 1993)을 이용하여 측정하였다. PCO와 UCO건조분말 1 g을 60% 알코올 30 mL를 첨가하고 50°C, 100 ppm으로 진탕하면서 12시간 추출 하였다. 총 페놀함량은 추출용액 40 μl와 0.2 N Folin-Ciocalteus 시약을 200 μl, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>(7.5%) 160 μl을 혼합 하여 암실에서 1시간 반응시킨 후 Epoch Microplate Spectrophotometer (BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 765 nm에서 흡광도를 측정하였다. Gallic acid를 0.05, 0.10, 0.15, 0.25, 0.30 mg/mL의 농도로 하여  $y = 0.0049x - 0.0324$ ,  $R^2 = 0.998$ 의 정량곡선을 기준으로 폴리페놀 총량을 GAE (galic acid equivalent)/g로 나타내었다.

#### 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 소거능

항산화활성은 DPPH방법(Blois, 1958)방법에 준하여 분석 하였다. 위에서 언급한 PCO와 UCO (대조구) 총 페놀함량 측정시료액 1.0 mL와 0.2 mM DPPH 용액 1.0 mL의 혼합액을 암소에서 30분간 반응시킨 후 Epoch Microplate Spectrophotometer (BioTek Instruments, Winooski, VT, USA)를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH라디칼 소거 활성은 시료 용액의 대조구와 시료 첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 산출하였다.

$$\text{DPPH 라디칼 소거능 (\%)} = \frac{\text{대조구흡광도} - \text{시료첨가구 흡광도}}{\text{대조구 흡광도}} \times 100$$

#### β-glucan 함량

PCO와 UCO 건조분말 100 mg을 β-glucan 함량 분석에 이용하였다. β-glucan 함량은 Mushroom and Yeast β-glucan Assay Kit (Megazyme Int. USA)에서 제시한 방법에 준하여 분석하였다.

#### 통계처리

3회 반복 실험을 통하여 얻어낸 각각의 모든 값은 평균치 ±표준편차로 표시하였고, 집단 간 평균의 차이는 SAS 9.4 (statistical analysis system; SAS Institute, USA)를 이용하여 two-

tailed unpaired Student's t-test 및 one-way analysis of variance (ANOVA) test를 이용하였다. 각 실험의 평균차에 대한 통계적 유의성 검증은 Duncan의 다중검증법(DMRT: Duncan's multiple range test)으로 하여,  $p < 0.05$  및  $p < 0.01$  수준에서 검증하였다.

## 결과 및 고찰

### 목질진흙버섯 HN00K9 귀리배양체의 단백질 및 아미노산 함량 변화

PCO분말과 UCO 분말을 이용 단백질함량을 분석하였다. PCO 조 단백질함량은 12.88%로 대조구 UCO의 11.26%보다 13%의 단백질함량이 증가 되었다(Table 2). PCO의 유리아미노산 함량을 분석한 결과는 Table 3과 같다. PCO는 총 17 유리 아

**Table 2.** Crude protein contents in oat cultured (PCO) and uncultured (UCO) with *Phellinus linteus* HN009K

Materials	Crude protein content (%)
PCO	12.88
UCO	11.26

**Table 3.** The content of free amino acid in oat cultured with *Phellinus linteus* HN00K9

Amino acids	Content (mg/100g)	
	UCO	PCO
Aspartic acid	853.896	1,062.738
Threonine	356.965	433.640
Serine	519.271	610.225
Glutamic acid	2,269.348	2,511.122
Proline	587.689	662.210
Glycine	577.681	647.391
Alanine	523.479	613.472
cysteine	147.218	176.492
Valine	550.173	675.906
Methionine	115.379	120.659
Isoleucine	366.476	458.935
Leucine	762.397	910.692
Tyrosine	266.150	324.665
Phenylalanine	507.851	613.890
Histidine	186.632	365.225
Lysine	415.438	386.378
Arginine	680.163	846.315
Total	9,686.205	11,419.956

UCO: uncultured oat, PCO: *Phellinus linteus* cultured oat

미노산이 검출되었으며 총 유리아미노산의 함량은 PCO에서 11,420 mg/100 g으로 UCO의 9,686 mg/100 g보다 15%이상 증가하였다. PCO에서 aspartic acid, glutamic acid, leucine, arginine 함량은 전체 아미노산 함량의 50%로 나타났으며 glutamic acid는 2,511 mg/100 g로 전체 아미노산 중 가장 많은 22% 였으며 aspartic acid는 1,062 mg/100 g으로 전체 아미노산중 9.3%로 나타났다. 반면에 Lysine은 PMO에서 UOC에 비 하여 7% 이상 감소하였다. Histinine 함량은 PCO에서 365.225 mg/100 g으로 UOC 의 186.632 mg/100 g보다 51%증가 되었다. 결론적으로 목질진흙버섯 HN009K를 귀리 곡물에 배양하였을 때 단백질과 아미노산함량을 증가시키는 요인이 되는 것으로 확인할 수 있었다.

Kim 등 (2023)은 목질진흙버섯 균사체 배양 대두를 이용하여 단백질과 아미노산 분석을 조사한 바 있다. 배양대두의 단백질 함량은 대조구에 비하여 3.5% 이상 증가 하며 아미노산 함량도 8%이상 증가한다고 하였다. 상황버섯 균사체를 백미, 적미 흑미에 배양하여 유리아미노산 종류와 함량변화를 조사한 결과 상황버섯 균사체 배양 적미는 무 배양 적미에 비하여 3배 이상의 아미노산 함량이 증가한다고 하였다 (Jin *et al.*, 2017). 이상의 결과는 상황버섯 균사체 배양은 단백질과 아미노산 함량을 증가시키 요인 되는 것으로 본 연구와 유사한 경향치를 보였다.

귀리는 보리, 벼, 밀 등의 다른 곡물보다 높은 단백질과 아미노산 함량을 가지고 있으며 조지방, 섬유소, 비타민, 미네랄 등이 많이 분포하여 기능성식품제조에 많이 활용 되고 있다 (Varma, 2016). 목질진흙버섯은 항산화물질과 베타글루칸 등 다양한 약용성 유용 물질을 생산하며 단백질과 아미노산 함량이 강화된 귀리를 제조 할 수 있어 향후 복합 기능성 식품소재로 유용하게 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

### 목질진흙버섯 HN00K9 귀리 배양체의 항산화활성

PCO 와 UCO분말로 부터 60%의 Ehtanol추출하여 총 폴리페놀 함량을 측정 하였다. Fig. 3A는 총 폴리페놀 함량 결과로 PCO에서 275mg GAE/g이 UCO에서는 135mg GAE/g이 검출 되어 Polyphenol함량이 유의적 차이를 보였다. Fig. 3B는 PCO 와 UCO의 DPPH 라디칼 소거 능력에 따른 항산화 활성을 측정한 결과로 PCO는 15.5%의 라디칼 소거 능력을 보여 UCO의 3.5 %의 radical 소거 능력보다 5배 이상 증가 되었다. 곡물 귀리에는 다양한 종류의 폴리페놀이 존재하며, 귀리의 특이적인 항산화 성분인 Avenanthramides류는 아토피피부염에 효능이 있는 것으로 알려져 있다 (Cai *et al.*, Dimberg *et al.*, 1993; 2011; Peterson *et al.*, 2002). 진흙버섯 종으로부터 styrylpyrone 계열의 다양한 Polyphenol 화합물이 분리 동정 되었으며 강한 항산화 활성이 있는 것으로 보고 된 바 있다 (Jung *et al.*, 2008; Lee *et al.*, 2010). *P. linteus* HN00K9에서 davallialactone, hispidin, hypholomine B 등의 styrylpyrone 계열의 Polyphenol과 phenylpropanoid 계열의 화합물인 caffeic acid과 신규물질 Phellinins A1, PhellininsA2 가 동정 된 바 있으며 항산화 활성에 중요한 역할을 하는 것

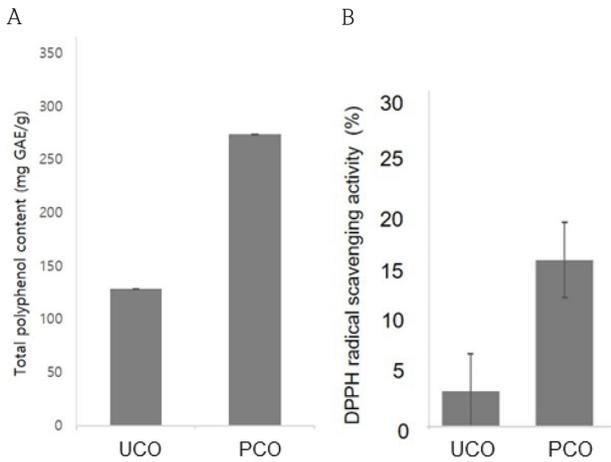


Fig. 1. Polyphenol content (A) and antioxidant activity (B) in *Phellinus linteus* cultured oat (PCO) and uncultured oat (UCO)

으로 알려져 있다 (Kang *et al.*, 2013; <sup>a</sup>Lee *et al.*, 2010; <sup>b</sup>Lee *et al.*, 2010; Min *et al.*, 2020). 상황버섯의 폴리페놀 성분은 항산화 활성 이외에 항염증 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 특히 davallialactone의 생물활성 검정에서 대식세포(RAW 264.7 cell)를 LPS로 처리하여 염증을 유발하였을 때 davallialactone을 처리하면 Nitric oxide (NO)를 감소시키고 Cytokine 함량을 증가시키는 항염증 반응을 일으킨다는 보고 된 바 있다(Lee *et al.*, 2008). 따라서 귀리 곡물에 배양된 목질진흙버섯 HN00K9 유래 다양한 폴리페놀성분과 귀리의 항산화물질과 함께 항산화, 항염증 등 생물활성을 높이는 데 유효한 효과를 나타낼 것으로 사료 되었다.

### 목질진흙버섯 HN00K9 귀리 배양체의 β-glucan 함량 변화

PCO와 UCO의 건조 분말내의 β-glucan 함량을 비교 분석하였다. PCO에서 12.5 mg/g으로 UCO 3.2 mg/g보다 4배 이상 증가되었다(Fig. 4). 따라서 PCO는 목질진흙버섯 유래 β-glucan 이 대부분 포함 되어 있는 것으로 추측할 수 있다. Lee 등(2010)은 현미, 보리, 밀, 옥수수 및 대두에 느타리버섯, 목질진흙버섯, 영지버섯, 표고버섯 버섯균사체를 배양하여 β-glucan 함량 변화를 조사한 바 있다. 영지버섯과 목질진흙버섯으로 배양한 현미와 밀에서 가장 높은 β-glucan 함량이 검출되었다고 하여 본 연구 결과와 유사하였다. 귀리에 포함되는 β-glucan은 콜레스테롤을 낮추는데 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Varma *et al.*, 2016; Yang *et al.*, 2023). 따라서 1997년 미국 식품의약국(FDA)은 "심장 건강" 및 "콜레스테롤 감소"에 있어 귀리 β-glucan의 역할에 관한 식품라벨의 건강 강조 표시를 승인된 바 있다(FDA, 1997). 한편 목질진흙버섯 유래 β-glucan은 대식세포 Dectin-1 수용체에 결합하여 체내에 흡수되어 자연 살해 세포(natural Killer, NK 세포), T-보조세포(T-helper cell), 세포독성 T 세포, 대식세포 등의 인체 면역기능을 활성화시켜 암세포를 공격하거나 암세포에 저항할 수 있는 항체의 생성을 도

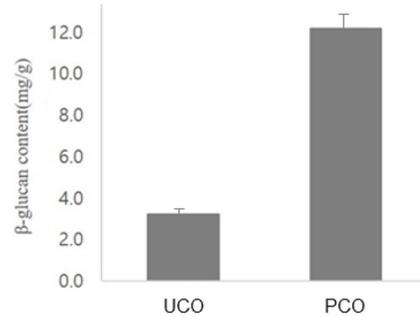


Fig. 2. β-glucan content in *Phellinus linteus* cultured oat (PCO) and uncultured oat (UCO)

와주는 역할을 하는 것으로 알려져 있다 (Daniel, 2010). 이상의 생물검정을 종합하여 볼 때 목질진흙버섯 균사체 배양 PCO는 대조구에 비하여 높은 단백질과 아미노 함량이 검출되었으며 폴리페놀과 β-glucan 함량을 급격히 증가되어 귀리 곡물이 가지고 있는 유효기능에 목질진흙버섯 유래 기능성 물질을 포함한 기능성 식품소재로 유용하게 활용할 수 있을 것으로 기대된다.

### 적 요

목질진흙버섯 HN00K9 배양 귀리(PCO)의 조단백질 함량은 12.9%로 배양되지 않은 귀리(UCO)의 11.26%보다 높았으며 총 유리 아미노산 함량은 각각 11,429 mg과 9,686 mg/100 g였으며 글루탐산은 PCO의 총 아미노산의 21%를 차지하였으며 히스티딘 함량은 UCO에 비해 PCO에서 51% 이상 증가했다. PCO의 총 폴리페놀 함량은 275 GAE/g로 UCO의 135 mg 보다 2배 이상 높았다. DPPH 라디칼 소거능은 PCO에서 15.5%였으며, UCO의 3.5%에 비해 5배 이상의 활성을 보였다. PCO의 β-글루칸 함량은 12.5 g/100 g로 UCO의 3.2 g/100 g에 비해 5배 이상 증가하였다. 따라서 목질진흙버섯 HN00K9 배양 귀리는 다양한 기능성 식품 소재로 활용될 수 있을 것으로 사료 된다.

### 감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 연구개발특구진흥재단 민간 투자형 R&BD (과제번호: 2022-DD-RD-0574-02) 지원으로 수행된 연구 결과이며 연구비 지원에 감사드립니다.

### REFERENCES

Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.  
 Cai S, Huang C, Ji B, Zhou F, Wise M, Zhang D, Yang P. 2011. In vitro antioxidant activity and inhibitory effect, on oleic acid-induced hepatic steatosis, of fractions and subfractions from oat (*Avena sativa* L.) ethanol extract. *Food chem* 124: 900-905.  
 Chan KM, Decker EA, Means MJ, 1993. Extraction and activity of carnosine, a naturally occurring antioxidant in brrf muscle.

- J Food Sci* 58: 1-4.
- Daniel S. 2010. Medicinal mushroom *Phellinus linteus* as an alternative cancer therapy (Review). *Exp Ther Med* 1:407-411.
- Dimberg LH, Theander O, Lingnert H. 1993. Avenanthramides—a group of phenolic antioxidants in oats. *Cereal Chem* 70: 637-641.
- FDA. 1997. FDA allows whole oat foods to make health claim on reducing the risk of heart disease. Food and Drug Administration. U.S. Department of Health and Human Services. USA, Talk Paper 22 January 1997.
- Han OK, Park TI, Park HH, Park KH, Oh YJ, Kim KJ, Song TH, Jang YJ, Kim DH, Hwang JJ, Kwon YU. 2014. “Suyang” A new naked oat cultivar with early-heading and high yielding. *Korean J Breed Sci* 46: 323-327.
- Jin SW, Im SB, Kim KJ, Yun KW, Jeong SW, Koh YW, Je HS, Cho IK, Jang JY, Seo KS. 2017. Changes of chemical compositions of cereals by *Phellinus linteus* mycelial cultivation. *J Mushrooms* 15: 229-236.
- Jung JY, Lee IK, Seok SJ, Lee HJ, Lee HJ, Kim YH, Yun BS. 2008. Antioxidant polyphenols from the mycelial culture of the medicinal fungi *Inonotus xeranticus* and *Phellinus linteus*. *J Applied Microbiol* 104: 1824-1832.
- Kang HW, Lee MH, Seo GS. 2013. Antioxidant and anti-inflammatory effects of *Phellinus linteus* HN1009K. *Kor J Mycol* 41: 243-247.
- Kim JY, Baek YL, Lee SH, Kang HW. 2023. Characteristics of protein content and antioxidant activation in soybean cultured with *Phellinus linteus* HN00K9. *J Mushroom* 21:126-131.
- Lee IK, Han MS, Lee MS, Kim YS, Yun BS. 2010. Styrylpyrones from the medicinal fungus *Phellinus baumii* and their antioxidant properties. *Bioorg Med Chem Lett* 20: 5459-5461.
- <sup>a</sup>Lee IK, Jung JY, Kim YH, Yun BS. 2009. Phellinins A1 and A2, new styrylpyrones from the culture broth of *Phellinus* sp. KACC93057P: II. Physicochemical properties and structure elucidation. *J Antibiotics* 62: 635-637.
- <sup>b</sup>Lee IK, Seo GS, Jeon NB, Kang HW, Yun BS. 2009. Phellinins A1 and A2, new styrylpyrones from the culture broth of *Phellinus* sp. KACC93057P: I. Fermentation, taxonomy, isolation and biological properties. *J Antibiotics* 62: 631-634.
- Lee HD, Lee KS. 2010.  $\beta$ -glucan and glucosamine contents in various cereals cultured with mushroom mycelia. *Kor J Mycol* 37: 167-172.
- Lee YG, Lee WM, Kim JY, Lee JY, Lee IK, Yun BS, Rhee MH, Cho JH. 2008. Src kinase-targeted anti-inflammatory activity of davallialactone from *Inonotus xeranticus* in lipopolysaccharide-activated RAW264.7 cells. *British J Pharmacol* 154: 852-863.
- Lee YY, Ham HM, Park HH, Kim YK, Mi-Ja Lee MJ, Han OK, Kim YH, Park HM,
- Lee BW, Park JY, 2016. The physicochemical properties and dietary fiber contents in naked and hulled Korean oat cultivar. *Korean J Breed Sci* 48:37-47.
- Min GJ, Yun BS, Kang HW. 2020. Comparison of anti-oxidant activities and polyphenolic compounds of extracts from artificially cultivated Sanghwang mushroom species, *Phellinus linteus* and *P. baumii*. *J Mushrooms* 18:29-36.
- Min GJ, Kang HW. 2021. Artificial cultivation characteristics and bioactive effects of novel *Tropicoporus linteus* (Syn. *Phellinus linteus*) strains HN00K9 and HN6036 in Korea. *Mycobiology* 49: 161-172.
- Peterson DM, Hahn MJ, Emmons CL. 2002. Oat avenanthramides exhibit antioxidant activities in vitro. *Food Chem* 79: 473-478.
- Yang Z, Xie Chong, Bao Yulong, Liu F, Wang H. 2023.. Oat: Current state and challenges in plant-based food applications. *Trand in Food Sci Technol* 134: 56-71.
- Varma P. 2016. Oats: A multi-functional grain. *J Clin Prev Cardio* 5:9-17.
- Zhu T, Kim SH, Chen CY. A.2008. medicinal mushroom: *Phellinus linteus*. *Curr Med Chem* 15:1330-1335.