

표고균이 접종된 수입 톱밥 배지에서 중금속과 잔류농약 조사

김준영¹ · 권혁우² · 고한규² · 현민우³ · 이찬중³ · 김성환^{1,*}¹단국대학교 자연과학대학 미생물학과 및 생물다양성연구소²산림조합중앙회 산림버섯연구센터³농촌진흥청, 국립원예특작과학원, 인삼특작부 버섯과

Investigation of Heavy Metals and Residual Pesticides from Imported Oak Mushroom Culture-inoculated Sawdust Media

Jun Young Kim¹, Hyuk Woo Kwon², Han Gyu Ko², Min woo Hyun³, Chan-Jung Lee³, and Seong Hwan Kim^{1,*}¹Department of Microbiology and Institute of Biodiversity, College of Natural Science, Dankook University, Cheonan, 31161. Korea²Forest Mushroom Research Center, National Forest Cooperative Federation, Yeosu 12653, Korea³Rural Development Administration, National Institute of Horticultural and Herbal Science, Department of Herbal Crop Research, Mushroom Research Division, Eumseong 27709, Korea

ABSTRACT: The potential risk of heavy metals and residual pesticides in imported sawdust media inoculated with oak mushroom cultures is a concern for safe mushroom production in Korea. To obtain preliminary data for a sound analysis of this risk, this study was undertaken to analyze the presence of heavy metals and residual pesticides in the oak mushroom media imported from six different regions in China, between 2013 and 2015. Lead, arsenic, chrome, mercury, and cadmium were analyzed; arsenic, chrome, and mercury were not detected. Lead was detected in the imported oak mushroom media from Jinlin, Shandong, Liaoning, and Tianjin. The detection level of lead ranged from 1.7 to 3.2 mg/kg. Cadmium was detected at a level of 0.028 to 0.037 mg/kg in the media from Shandong and Liaoning. No residual pesticides were detected in any of the samples.

KEYWORDS: Heavy metals, Oak mushroom, Residual Pesticides

맛과 향을 겸비한 버섯은 현대의 식생활에서 빠질수 없는 주요한 식품으로 선진국 뿐만아니라 개발도상국에서도 각광받는 자원이다. 특히 버섯이 지니는 약용 관련 기능적 요소로 인하여 버섯재배는 농가에서 새로운 소득 작물로의 전환을 꾀하는 품목 중 하나이다. 산업적으로 지속

적인 생산을 위해서 재배기술과 더불어 버섯을 키운데 필요한 배지의 안정적인 공급이 요구된다. 특히 병재배의 경우 실내에서 연중 안정생산이 가능한 바 팽이, 느타리 및 큰 느타리 등의 생산은 2014년 국내 농산버섯 생산량의 182,561MT의 70%를 차지하고 있다.(Ministry of agriculture, food and rural affairs, 2014)

재배되는 버섯으로서는 가격이 높은 표고(*Lentinula edodes*)는 동아시아 지역에서 주로 소비되는 항암과 항비만 효과를 갖는 버섯이다 (Namba *et al*, 1987; Lee and Park, 1998; Lee *et al*, 2014). 표고는 원목과 톱밥 배지를 사용하여 재배되고 있는데 특히 톱밥 배지는 국내에서 수급이 원활치 않아 많은 양을 수입에 의존하고 있고 수입량 또한 점점 늘어가고 있는 추세이다. 수입배지를 이용한 재배에서 적응시험의 부재, 식품유해요소인 중금속 잔류농약 등의 존재, 원산지 표기의 불투명 등은 계속해서 국내의 표고 안전 및 안정 생산에 부정적인 결과를 초래하며 미디어를 통해 논란이 되어왔다 이에따라 점차적으로 수입 버섯배지에 대한 정책과 제도 개선이 이루어지고

J. Mushrooms 2017 December, 15(4):202-205
<http://dx.doi.org/10.14480/JM.2017.15.4.202>
 Print ISSN 1738-0294, Online ISSN 2288-8853
 © The Korean Society of Mushroom Science

*Corresponding author
 E-mail : piceae@dankook.ac.kr
 Tel : +82-41-550-3454, Fax : +

Received November 21, 2017
 Revised November 28, 2017
 Accepted November 30, 2017

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.

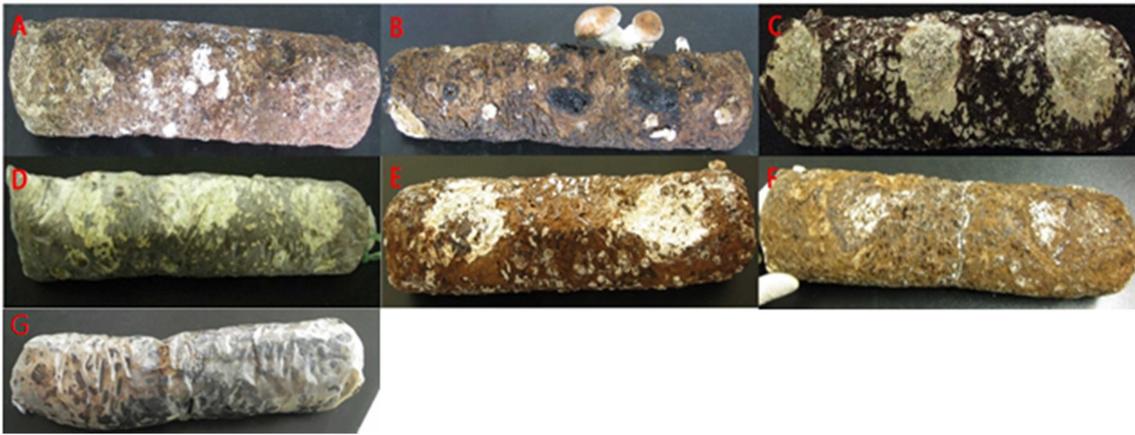


Fig. 1. Examples of the imported sawdust media inoculated with oak mushroom cultures in China. A: from Jinlin in 2013, B: from Shandong in 2013, C: from Liaoning in 2013, D: from Tianjin in 2013, E: from Shandong in 2014, F: from Liaoning in 2014, G: from Zheijiang in 2015.

있다. 그러나 중금속이나 농약에 대해 아직 학술적으로 논의된 연구보고는 부재한 실정이다. 이에 따라 본 연구에서는 중국의 여러 지역에서 표고균이 집중되어 수입된 표고 톱밥배지에 대해 중금속과 농약을 검출해 보고 검출 결과가 국내 농업환경에서 지니는 오염의 의미를 논의하였다.

본 연구를 위해서 2013년 길림성, 산둥성, 요녕성, 천진 등 4 곳, 2014년 산둥성과 요녕성 등 2곳, 2015년 절강성 1곳 등에서 수입된 중국산 수입 표고 톱밥배지를 분석하였다 (Fig. 1). 수입된 표고 톱밥배지 내에 존재하는 중금속을 검출하기 위해 모든 시료의 전처리와 분석은 이전에 보고한 수입 버섯배지 원료로부터 검출하는 방법에 준하여 수행하였다 (Kim *et al.* 2017). 기본적으로 식품의약품안전처의 식품공전 중금속 분석법과 잔류농약 분석법 실무 해설서를 따라 수행하였다. 중금속 검사는 납, 수은, 비소, 카드뮴, 수은을 대상으로 유도결합플라즈마분광분석기를 사용하여 측정하였다. 잔류농약 검사는 246 종류를 대상으로 Gas Chromatography와 HPLC로 분석을 수행하였다. 수입지역 당 3개의 배지를 3 반복 측정 조사하였다. 결과값은 95% 유의수준에서 합당한 평균치를 제시하였다.

3년간 수입된 표고 톱밥배지의 중금속 및 잔류 농약 조사 결과는 Table 1과 같다. 중금속 종류별로 볼 때 비소, 수은, 크롬은 검출되지 않았다. 납의 경우 2015년 절강성에서 수입된 표고 톱밥배지를 제외하고는 2013년과 2014년 수입된 표고 톱밥배지에서 모두 검출되었다. 검출 수준은 0.17에서 0.32 mg/kg 범위에 존재하였다. 지역별로는 길림에서 수입된 표고 톱밥배지에서 납 함량이 가장 높았고 천진에서 수입된 표고 톱밥배지에서 가장 낮았다. 산둥과 요녕에서 수입된 표고 톱밥배지에서는 2013과 2014년 모두 검출되었고 검출수준도 유사하였다. 카드뮴의 경우는 2013년과 2015년 수입된 배지에서는 검출되지

않았으나 2014년 2개 지역 에서 수입된 배지에도 모두 검출되었다. 검출 함량은 0.028에서 0.037 mg/kg 수준이었다. 중금속에 비하여 잔류농약은 수입 표고 톱밥배지 모두에서 불검출되었다.

이상의 수입된 표고 배지에서 검출된 납과 카드뮴의 중금속의 수준은 식품의약품안전처 식품관리 기준인 납 5 mg/kg, 카드뮴 0.3 mg/kg 수준에 비교하면 기준 이하로 존재한 것이다. 그러나 유럽공동체 (European Union, EU) Regulation No. 1881/2006 의 규정에 따르면 식품 중 cultivated fungi 에 해당하는 버섯 경우 최대 허용수준은 납 0.30 mg/kg, 카드뮴 0.20 mg/kg로 규정하고 있다 (European Commission, 2006). 이 규정에 명시된 기준을 본 연구 결과와 비교하면 카드뮴은 기준치 보다 약 9-10 배 정도 낮은 수준이다. 반면에 납의 경우는 길림에서 수입된 표고배지의 경우 0.32로서 기준치를 약간 넘어서고 있음을 알 수 있다. 그리고 0.27, 0.28 mg/kg 수준도 기준치에 근접하고 있음을 알 수 있다. 따라서 국내의 식품기준과 유럽의 식품기준을 다시 비교검토하는 논의가 필요할 것으로 사료된다. 특히 버섯을 유럽으로 수출하려면 국내의 기준이 아닌 유럽의 기준을 반드시 참고해야만 재배된 버섯의 중금속 안전 규제를 벗어날 수 있으리라고 판단된다.

최근 본 연구자들은 버섯 균주가 접종된 배지가 아닌 버섯 배지의 원료로 사용되기 위해 수입되는 밀짚, 면실피, 케이폭박, 면실박, 비트펄프, 피트모스 등으로부터 중금속 오염을 조사한 결과 인도의 면실박에서 13.78 mg/kg, 독일 피트모스에서 3.7mg/kg 등의 납이 이집트 비트펄프에서 카드뮴이 0.27 존재함을 보고하였다 (Kim *et al.* 2017). 이는 온전한 표고 종균 접종 배지 뿐만 아니라 버섯 배지재료 원료에서도 국내와 유럽의 식품기준을 초과하는 버섯 배지재료가 수입되고 있는 현실을 보여준다. 이러한 조사 수치는 물론 버섯 자체에서 조사된 것이 아닌 버섯

Table 1. Detection of heavy metals and residual pesticides from the imported sawdust media inoculated with oak mushroom cultures in China

Imported location	Imported year	Heavy metals (mg/kg)					Residual pesticides
		Pb	As	Cd	Hg	Cr	
Jinlin	2013	0.32	ND	ND	ND	ND	ND
Shandong		0.28	ND	ND	ND	ND	ND
Liaoning		0.23	ND	ND	ND	ND	ND
Tianjin		0.17	ND	ND	ND	ND	ND
Shandong	2014	0.28	ND	0.028	ND	ND	ND
Liaoning		0.27	ND	0.037	ND	ND	ND
Zhejiang	2015	ND	ND	ND	ND	ND	ND

ND: No Detection.

배지에서 조사된 자료인 바 직접 버섯 그 자체의 식품에 비해 비교할 수 없는 한계가 있다. 그러나 소량이지만 버섯 재배 과정에서 버섯 자실체로 전이될 우려는 존재한다. 소비자의 우려는 비록 기준치 이하더라도 중금속에 대한 거부감이 큼으로 수입 배지와 수입 배지 재료에 존재하는 중금속이 재배하는 자실체로 전이되어 오염되지 않도록 철저한 관리가 필요하다고 사료된다. 더불어 중금속의 자실체 전이 정도가 버섯 종류나 품종에 따라, 배지 재료의 종류에 따라, 재배 방법과 환경에 따라 어떻게 달라지는지에 대한 과학적 연구가 반드시 수행되어야만 소비자 우려를 해소하고 안전한 식품으로서 또는 약용 소재로서의 버섯에 대한 신뢰를 얻을 수 있을 것이다. 담자균류 버섯은 일반적으로 중금속을 흡수하여 세포내 축적하는 성향이 크므로 자연에서 채취되는 버섯에서의 중금속 오염 정도 해외에서는 조사가 이루어지고 있다 (Campos *et al.*, 2009; Chauhan 2014).

한편 버섯 배지 또는 버섯 배지 재료의 중금속 오염은 버섯 재배 후 발생하는 폐배지 또는 수확후배지에 대한 검토도 필요하다. 버섯 수확 후 배지는 현재 재활용을 위해서 퇴비와 가축사료 용도로 가능성이 연구되어져 왔다 (Kim *et al.*, 2016; Kim *et al.*, 2014; Moon *et al.*, 2015; Jo *et al.*, 2015). 따라서 배지 또는 배지재료의 중금속 오염은 자실체 전이 이외에도 버섯 재배 후 비료로 토양으로 투입되어 토양에 축적되고 장기간 농축되면 재배하는 작물에 생물축적을 유발하는 환경오염원이 될 수도 있다. 특히 수확후배지가 침출수로 인해서도 환경오염원이 될 수 있다는 인식이 존재하는 바 중금속 오염은 이러한 인식에 더하여 문제가 될 소지가 크다고 할 수 있다. 수확후 배지의 배출은 버섯 생산량의 5배 정도 배출되는 것으로 알려진 바(Williams *et al.*, 2001) 연간 국내 토양에 투입되는 수입 버섯배지 및 재료로부터 나온 수확후 배지로부터 중금속의 토양오염 정도 추산도 환경관리를 위해 필요할 것으로 사료된다.

사람의 건강을 해칠 우려가 있는 생물학적, 화학적, 물

리적 요소나 조건을 말하는 농산물 안전생산의 위해요소로서 본 연구에서는 화학적 요소인 중금속이 중국산 수입 표고 버섯배지에 존재함을 확인하였다. 최근 연구에서 양송이와 느타리 버섯배지 재료로 사용되는 수입된 농업부산물에서 중금속과 농약 이외에도 여러 종의 식물병원성, 인체 및 동물병원성 세균과 곰팡이가 분리된 보고가 있다 (Kwon *et al.*, 2015; Lee *et al.*, 2016). 본연구에서도 Fig. 1에 처럼 수입된 표고 배지에서 푸른색을 띠는 부위와 같이 진균 오염이 의심되는 요소가 있는 바 향후 수입 표고 버섯배지에 생물학적 위해요소로서 미생물의 존재 여부도 연구가 이루어져야 할 것이다. 특히 현재 농산물 위해요소 관리를 위해서 화학적 요소인 중금속 등에 대한 발생 원인과 예방조치 등에 대한 정보는 존재하는데 수입 버섯 배지와 배지재료에 대한 관리사항은 부재한 실정이다. 따라서 본 연구 결과는 향후 이러한 관리사항을 마련하는 기초 근거 자료로서 중요하다고 사료된다.

적 요

국내 안전 버섯생산을 위해서 수입된 표고균이 접종된 표고배지에서 중금속과 잔류농약의 존재 위험성을 두고 우려가 있어 왔다. 버섯의 안전 생산을 위해서는 우려되는 위험성에 대해 건전한 논의를 위한 기초 자료가 필요하다. 이에따라 본 연구에서는 2013년과 2015년 사이 중국 6개 지역에서 수입된 표고균이 접종된 톱밥배지에서 중금속과 잔류농약 존재여부를 알고자 분석을 수행하였다. 납, 비소, 크롬, 수은, 카드뮴 중에서 비소, 크롬, 수은은 검출되지 않았다. 납은 길림, 산둥, 텐진, 요녕 지역에서 수입된 표고톱밥배지에서 검출되었으며 검출수준은 1.7 에서 3.2 mg/kg 이었다. 카드뮴은 산둥과 요녕 지역에서 검출되었고 검출수준은 0.028 to 0.037 mg/kg 이었다. 잔류농약은 모든 시료에서 불검출되었다.

감사의 글

본 연구는 농림축산식품부, 해양수산부, 농촌진흥청, 산림청 Gold Seed 프로젝트 사업 (원예종자사업단, 과제번호:213007-05-1-WTH32)과 농촌진흥청 연구사업 (세부과제번호:PJ01112506)에 의해 수행된 연구임.

References

- Campos JA, Tejera NA, Sánchez CJ. 2009. Substrate role in the accumulation of heavy metals in sporocarps of wild fungi. *BioMetals*. 22: 835-841.
- Chauhan M. 2014. Bioaccumulation of lead content in mushroom and soil in Delhi-NCR region of India. *International Journal of Advanced Research in Chemical Science (IJARCS)*. 1:1-6.
- European Commission. 2006. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 of 19 December 2006 as regards maximum levels for nitrates in foodstuffs. *Off J Eur Union*. 364:5-24.
- Jo WS, Kim WH, Kang MG, Park JH. 2015. Manufacturing and utilization of organic compost using spent mushroom substrates of King Oyster mushrooms. *Gyeongsangbuk-do Agricultural Research & Extension Services Research Reports*. pp.204-213.
- Kim SC, Moon YH, Kim HS, Kim HC, Kim JO, Cheong JC, Cho SJ. 2014. Effect of dietary fermented spent mushroom (*Hypsizygus marmoreus*) substrates on laying hens. *J Mushrooms*. 12:350-356.
- Kim EY, Kook SW, Yuk HJ, Yoon MH, Kim SC. 2016. Compost production using vegetable waste and spent oak mushroom substrate (SMS). *J Mushrooms*. 14:237-243.
- Kwon HW, Min SW, Lee GS, Kim BY, Lee CJ, Kim SH. 2015. Investigation of bacteria in imported supplemental substrates for mushroom cultivation media. *J Odor Indoor Environ*. 14:225-233.
- Kim JY, Lee GS, Lee CJ, Kim SH. 2017. Investigation of heavy metals, residual pesticides and nutrient component from agricultural by-products imported as medium substrates for mushroom cultivation. *Korean J Environ Agric*. 36:217-221.
- Lee BW, Park KM. 1998. Anti-tumor activity of protein-nound polysaccharides extracted from mycelia of *Lentinus edodes*. *Korean J Food Sci Technol*. 30:665-671.
- Lee GS, Kim JY, Kim BY, Hyun MW, Lee CJ, Kong WS, Kim SH. 2016. Detection of fungi in imported supplemental substrates for mushroom cultivation media. *J Odor Indoor Environ*. 15:337-344.
- Lee MR, Oh DS, Wee AJ, Yun BS, Jang SA, Sung CK. 2014. Antiobesity effects of *Lentinus edodes* on obese mice induced by high fat diet. *J Korean Soc Food Sci Nutr*. 43:194-199.
- Moon YH, Kim HS, Kim CH, Cho WG, Yoo YB, Shin PH, Cho SJ. 2015. Effect of dietary supplementation of fermented spent mushroom substrates from *Pleurotus eryngii* on Hanwoo Steers. *J Mushrooms*. 13:108-113.
- Nanba H, Mori K, Toyomasu T, Kuroda H. 1987. Antitumor action of shiitake (*Lentinus edodes*) fruit bodies orally administered to mice. *Chem Pharm Bull (Tokyo)*. 35:2453-2458.
- Williams BC, McMullan JT, McCahey S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Bioresour Technol*. 79:227-230.