

# 새송이버섯 수확후배지의 사료적 가치

문여황<sup>1</sup>, 신평균<sup>2</sup>, 조수정<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>경남과학기술대학교 동물생명과학과, <sup>2</sup>국립원예특작과학원 버섯과, <sup>3</sup>경남과학기술대학교 제약공학과

## Feeding Value of Spent Mushroom (*Pleurotus eryngii*) Substrate

Yea Hwang Moon<sup>1</sup>, Pyung Gyun Shin<sup>2</sup> and Soo Jeong Cho<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Animal Science & Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology,  
33 Dongjin-ro, Jinju 660-758, Korea

<sup>2</sup>Division of Mushroom Research, International Institute of Horticultural & Herbal Science, RDA, Suwon, 441-707, Korea

<sup>3</sup>Department of Pharmaceutical Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology,  
33 Dongjin-ro, Jinju 660-758, Korea

(Received November 8, 2012, Revised November 25, 2012, Accepted November 29, 2012)

**ABSTRACT:** Spent mushroom substrates is composted organic material remaining after a crop of mushroom is harvested. The raw materials of mushroom substrates are same feed ingredient as corncobs, rice brown, wheat brown, cotton seeds and beet pulp. During the mushroom cultivation process, the mushroom substrates was used 15-25% by mushroom and 75-85% of mushroom substrates was remained in the SMS. Among of the spent mushroom substrates, spent mushroom substrates of *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus ostreatus* and *Flammuliua velutipes* is can be use the energy feedstock of animal feed. The cellulose content of spent mushroom(*Pleurotus eryngii*) substrates containing the sawdust was high and total digestible nutrients (TDN) values was low. The spent mushroom(*Pleurotus eryngii*) substrates fermented with cellulase and xylanase producing bacteria is may be used as an ingredient of feed in TMR for Hanwoo steer.

**KEYWORDS :** Feed, Hanwoo steers, Probiotics, Spent mushroom substrates

### 서론

최근들어 우리나라의 축산농가는 곡물가격 상승으로 경영비가 상승하면서 경쟁력이 크게 위축되었으며 우리나라와 같이 조사료 생산이 부족하고 원료사료의 대부분을 수입에 의존하고 있는 경우에는 사료 자급률을 향상시키고 경영비를 절감하여 축산농가의 경쟁력을 확보하는 것이 무엇보다 중요한 과제이다. 축산농가의 사료 자급률 향상을 위한 방안으로 사과박, 맥주박, 굴박, 주정박, 포도박, 제약회사의 생약 및 한방 음료 부산물 등 농산부산물을 사료자원으로 활용하려는 다양한 연구들이 진행되고 있다. 특히 사과박의 사료가치 증진에 관한 연구(류 등, 1997; 1998a; 1998b), 사과박을 이용한 완전배합 사료 개발에 관한 연구(배 등, 1994; 류, 1996), 한약재 부산물의 사료화에 관한 연구(박과 송, 1997), 새송이버섯 수확후배지 발효사료 첨가 급여가 한우 거세우의 성장과 도체등급에 미치는 영향에 관한 연구(Gal 등, 2011)등에 의하면 농산부산물은 효용가치는 다르지만 대부분 반추가축의 사료자원으로 활용가치가 있다.

농산부산물 중 버섯수확후배지는 버섯을 수확한 후 남겨진 배지를 말하며 버섯배지의 주원료는 가축 사료원료인 콘코브, 미강, 밀기울, 면실피, 비트펄프 등이고 버섯재배과정에서 배지영양원의 약 15-25% 정도만 버섯에 의해 이용되고 나머지 75-85% 정도는 버섯수확후배지에 남아있기 때문에 버섯수확후배지는 사료자원으로써 활용가치가 매우 높다(Williams 등, 2001; Bae 등, 2006). 버섯수확후배지 중 반추동물 사료로 가장 먼저 이용된 것은 느타리버섯 수확후배지였으며(Silanikove 등, 1988), 버섯을 재배하는 과정에서 버섯균사체에 의해 분해된 버섯수확후배지는 반추동물의 반추위에서 더 쉽게 분해되고, 버섯수확후배지에 남아있는 버섯균사체는 다량의 단백질로 구성되어 있기 때문에 반추동물에 있어서 반추위 미생물의 단백질 공급원으로 이용될 수도 있다(Caswell 등, 1990; Adamovic 등, 1998). 일반적으로 버섯수확후배지에는 난분해성 물질인 섬유소 함량이 높은 것으로 알려져 있지만 버섯균사체(mycellium)에 의한 lignocellulose 분해에 관한 연구에 의하면 버섯수확후배지에 함유된 난분해성 물질은 버섯균사체에 의해 분해 또는 연화될 수 있다(Andrew와 Anita, 1995; Tuomela 등, 2000; Makela 등, 2002). 그리고 버섯수확후배지는 중금속과 잔류

\*Corresponding author <sjcho@gntech.ac.kr>

농약의 오염이 거의 없기 때문에 위생적으로 안전하고 버섯 배지에 존재할 수 있는 유해물질들은 버섯을 재배하는 과정에서 버섯균사체에 의해 분해되기 때문에 안전하다(Semple 등, 1995; Mashphy 등, 1996; Semple 등, 1998; Fermor 등, 2000; Stamets 등, 2001; Kim 등, 2007a).

버섯수확후배지는 버섯 1 kg을 생산하는데 5 kg정도 발생되며(Williams 등, 2001; 김 등, 2007) 배지원료의 종류와 배합비율은 버섯품종, 재배방식, 재배농가에 따라 달라지기 때문에 배출되는 버섯수확후배지의 물리적, 화학적 성상은 다양하다. 2011년 우리나라 버섯생산량은 약 165,273 M/T 정도이며 이 중 새송이, 느타리, 팽이버섯 생산량이 87%를 차지하고 있다(농림수산식품부, 2012). 팽이버섯, 새송이버섯, 느타리버섯과 같이 병재배법에 의해 생산되는 버섯은 재배기술의 발달로 대규모 재배가 이루어지고 있어서 버섯수확후배지가 연중 대량 발생되고 있기 때문에 병재배버섯 수확후배지를 사료자원으로 활용할 경우 원료의 안정적 수급이 가능하다는 장점이 있다(Gal 등, 2011). 그러나 새송이버섯과 느타리버섯 수확후배지에는 난분해성 물질인 톱밥이 함유되어 있으며 팽이버섯 수확후배지에는 톱밥대신 부패가 용이한 미강이 함유되어 있기 때문에 버섯수확후배지를 사료자원으로 활용하기 위해서는 버섯수확후배지의 이용성과 저장성을 향상시킬 수 있는 발효과정이 필요하다.

#### 새송이버섯 수확후배지의 영양학적 가치

배지원료의 종류와 배합비율은 버섯품종, 재배방식, 재배농가, 배지원료의 수급 등에 따라 달라지기 때문에 배출되는 버섯수확후배지의 물리적, 화학적 성상은 다양하지만 경남 지역에서 가장 많이 재배되고 있는 새송이버섯은 대부분 톱밥과 사료원료인 콘코브, 미강, 밀기울, 소맥피, 비트펄프 등을 배지원료로 사용하고 있으며 공급부족으로 품귀현상을 보이고 있는 톱밥 대신 콘코브 첨가량을 높이려는 경향을 보이고 있다. 경남지역에서 배출되고 있는 새송이버섯 수확후배지는 수분함량이 56.22%이고 섬유소인 중성세제불용성섬유(Neutral Detergent Fiber; NDF)와 산성세제불용성섬유(Acid Detergent Fiber; ADF) 함량이 높고 조지방 함량은 낮으며 버섯재배용 배지에 비해 조지방과 가소화양분(Total digestible nutrients; TDN)함량은 감소하고 중성세제불용성섬유(NDF), 산성세제불용성섬유(ADF), 조회분 함량은 증가하는 경향을 나타내었다(Gal 등, 2011). 그러나, Gal 등(2011)은 새송이버섯 수확후배지 발효사료를 30% 첨가한 배합사료와 시판 배합사료의 영양성분을 비교해보면 Table 1에서와 같이 새송이버섯 수확후배지 발효사료를 30% 첨가한 배합사료의 조단백질과 가소화양분(TDN) 함량은 시판배합사료와 큰 차이를 나타내지 않았다고 보고하였다. 새송이버섯 수확후배지의 중성세제불용성섬유(NDF)와 산성세제불

용성섬유(ADF) 함량이 시판 배합사료보다 높은 이유는 난분해성 물질인 톱밥이 잔존해 있기 때문이며 섬유소 분해효소를 생성하는 미생물을 발효사료용 생균제로 사용하면 미생물에 의해 중성세제불용성섬유(NDF)와 산성세제불용성섬유(ADF) 함량이 낮아질 수 있다. 그리고 새송이버섯 수확후배지는 사료의 영양가치 평가기준인 가소화양분(TDN) 함량이 낮기 때문에 새송이버섯 수확후배지 발효사료를 단독으로 사용하기보다는 버섯수확후배지 발효사료를 일정량 첨가한 완전배합사료를 제조하여 급여하는 것이 영양학적인 측면에서 바람직하다.

#### 새송이버섯 수확후배지의 안전성

버섯수확후배지를 가축사료로 이용하기 위해서는 사료 안전성에 대한 평가가 선행되어야 하며 버섯균사체에 의한 잔류 농약 분해에 관한 연구(Baskaran 등, 1996; Mashphy 등, 1996; Kuo와 Regan, 1998; Ehlers와 Rose, 2004)와 버섯균사체에 의한 페놀류 분해에 관한 연구(Semple 등, 1995; Semple 등, 1998; Fermor 등, 2000; Stamets 2001)에 의하면 버섯배지에 존재하는 여러 유해물질들은 버섯 재배과정에서 버섯균사체에 의해 효과적으로 분해된다. 그리고 김 등(2007)은 새송이버섯 병재배시 재배단계별 배지의 잔류독성 중금속 및 잔류농약 모니터링에 관한 연구에서 독성중금속인 Cd과 Pb는 버섯재배용 배지와 버섯수확후배지에서 검출되지 않았으며 As는 5개의 버섯재배용 배지 중 2개의 배지에서 검출되었지만 버섯 자실체와 균사체가 성장하면서 감소하는 경향을 보이다가 버섯수확후배지에서는 검출되지 않았다고 보고하였다. 또한 30종의 유기염소계, 30종의 유기인계, 9종의 carbamate계, 기타 ethylene dibromide계 농약 잔류물질들도 버섯 재배단계별로 전혀 검출되지 않았다고 보고하였으며 국제식품규격위원회(CODEX, 2006)에서 버섯에 허용치를 두고 있는 thiabendazole, chlorpyrifosmethyl, cypermethrin, permethrin, deltamethrin과 버섯배지원료 중 하나인 미강에 허용치를 두고 있는 carbaryl, fenitrothion이 검출되지 않는 것으로 보아 버섯수확후배지는 안전한 것으로 판단된다.

#### 새송이버섯 수확후배지를 이용한 발효사료 제조

버섯수확후배지는 수분함량이 높으며 새송이버섯과 느타리버섯 수확후배지에는 난분해성물질인 톱밥이 함유되어 있고 팽이버섯 수확후배지에는 부패가 용이한 미강이 함유되어 있기 때문에 버섯수확후배지는 퇴적 저장할 경우 보통 2-3일 후부터 부패하기 시작하여 1주일 후에는 푸른 곰팡이가 많이 발생하게 된다(Kwak 등, 2008). 이처럼 부패하기 쉬운 버섯수확후배지를 사료자원으로 이용하기 위해서는 버섯수확후배지의 저장성을 향상시킬 수 있는 가공공정을 거쳐야

**Table 1.** Chemical composition (%) of total mixed ration (TMR) including 30% fermented spent mushroom substrates (30% F-SMS) and Commercial feed

Items	TMR including 30% F-SMS	Commercial feed
Dry matter	68.26	89.53
Crude protein	11.67	13.40
Ether extract	3.34	2.79
Neutral detergent fiber	39.72	40.95
Acid detergent fiber	23.14	12.26
Crude ash	6.82	6.50
Total digestible nutrients	72.11	73.00

하며 가장 바람직한 방법은 버섯재배농가에서 미생물을 접종하여 밀봉하는 것이지만 부가적인 설비와 공간이 필요하다는 문제점이 있다. 사료화를 위한 가공처리법에는 건조법, 발효법, 펠릿화 등이 있으며 건조법은 수분함량이 높은 버섯수확후배지의 저장성을 향상시킬 수 있는 가장 이상적인 방법이지만 처리비용이 많이 든다는 단점이 있으므로 경제성과 생산효율을 고려한다면 발효법이 가장 효과적인 방법이다. 발효법에는 퇴적발효법과 혐기발효법, 뒤집기발효법 등이 있으나 버섯수확후배지의 사료화를 위해서는 혐기발효법이 가장 적당하다. 혐기발효법은 버섯수확후배지에 미생물을 접종한 후 산소가 들어가지 않도록 밀봉하여 발효하는 방법으로 발효과정 중 발생한 발효열에 의해 잔류 가능성이 있는 병원미생물을 사멸시킬 수 있고 약취를 제거할 있으며 발효과정 중 각종 산이 생성되어 기호성을 향상시킬 수 있다는 장점이 있다. Kwak 등(2008)은 버섯수확후배지를 혐기발효시킬 경우 3주가 경과한 후에도 곰팡이 오염이 일어나지 않았다고 보고하였다.

#### 새송이버섯 수확후배지 발효사료 첨가용 생균제

버섯재배농가에서 배출되는 버섯수확후배지는 수분함량(50-60%)이 높고 유기물 함량이 높은 곡물이 주원료이기 때문에 가축에게 유해한 aflatoxin이나 ochratoxin과 같은 곰팡이 독소가 쉽게 생성되므로(Kabak 등, 2006; Kabak 등, 2009) 곰팡이 독소 생성을 억제할 수 있는 미생물을 발효사료 첨가용 생균제로 사용해야 발효사료의 안전성과 저장성을 향상시킬 수 있다(신 등, 2011). 또한 새송이버섯 수확후배지에는 난분해성 물질인 톱밥이 함유되어 있기 때문에 섬유소 함량이 높다는 단점이 있으며 버섯수확후배지의 높은 섬유소 함량은 사료자원으로 이용 시 제한요인이 될 수 있다. 재배단계별 버섯의 화학적 성분 변화에 관한 연구(Kim 등, 2007b)에 의하면 섬유소 함량은 버섯재배최초단계보다 버섯수확후배지단계에서 비율이 증가하였으며 백색부후균인 버섯은 lignocellulose 분해능은 있으나

쉽게 이용 가능한 영양물질들을 우선적으로 이용하기 때문에 버섯수확후배지의 섬유소 함량은 상대적으로 높게 나타난다. Kim 등(2007c)은 섬유소 함량이 높은 부산물일 경우 cellulase와 xylanase 활성이 높은 미생물을 생균제로 사용하면 효과가 있다고 보고하였으며 현재 축산농가에서는 분변냄새 감소 및 항생제 대체 등의 목적으로 다양한 미생물을 생균제로 사용하고 있다. 현재 축사 사료 첨가용 생균제로 개발된 미생물 중에서 *Bacillus* sp.은 액체배양 시 다른 미생물에 비하여 생육속도가 빠르고 포자를 생성하여 다양한 환경조건에서도 생존할 수 있기 때문에(Schallmeyer 등, 2004) 버섯수확후배지 발효사료 제조과정에서 요구되는 내열성과 혐기발효에 적합한 미생물로 생각된다. 특히, *Bacillus* sp.은 surfactin(Regine 등, 1985; Regine 등, 1994), fengycin(Vanittanakam 등, 1986), iturin(Regine 등, 1985; Regine 등, 1994), mycosubtilin(Duitman 등, 1999) 등과 같은 항균물질을 생성할 수 있을 뿐만 아니라 cellulase, mannanase, xylanase 등 다양한 가수분해 효소를 분비하는 특징이 있기 때문에 산업적으로 많이 연구되어 왔으며 식품과 의약 산업에서 안전한 GRAS(Generally Recognized As Safe) 미생물로 알려져 있다(Schallmeyer 등, 2004). 섬유소 함량이 높은 버섯수확후배지의 사료적 영양 가치 개선 연구와 관련하여 Yang 등(2001)과 Jung 등(2003)은 *Bacillus* sp. 중 CMCase와 xylanase 활성이 높은 미생물을 선발하여 가축사료 첨가용 생균제로 이용하였을 때 효과가 있었다고 보고하였다. CMCase(carboxymethyl cellulase, Endo- $\beta$ -1,4-glucanase)는 exo- $\beta$ -1,4-glucanase,  $\beta$ -glucosidase와 함께 cellulase 구성효소로서 곡물사료의 가축 장내 이용성 증진을 위해 널리 이용되고 있다(Jung 등, 2003). Xylanase는 hemicellulose의 주요 구성성분인 xylan의 기본골격을 분해하는 효소로서 가축사료의 사료효율 개선, 제지의 표백공정, 과일음료의 청징, 농산 부산물 이용성 증대 등을 위해 이용되고 있으며(Lee와 Choi, 2006) 특히 닭, 돼지 등 단위동물의 사료에 첨가



**Table 2.** Effect of dietary supplementation of total mixed ration (TMR) including 30% fermented spent mushroom substrates (30% F-SMS) on carcass grade of Hanwoo steers

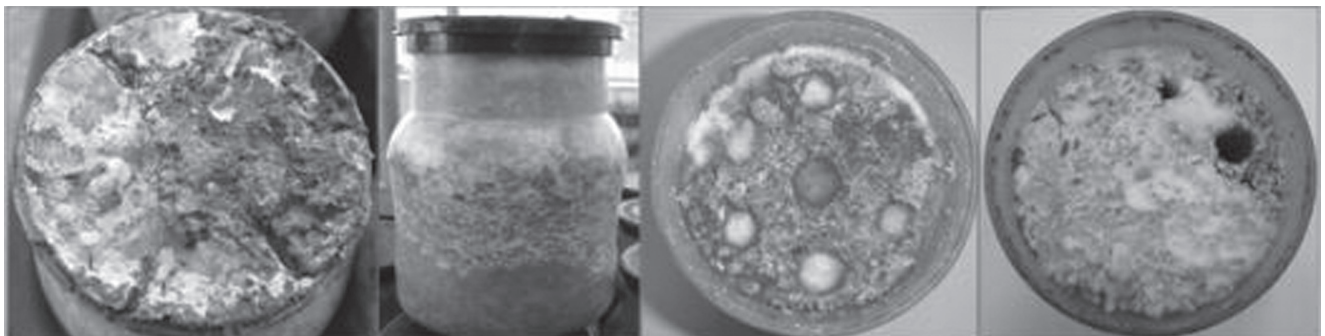
Diets	Meat quality(%)			Meat quantity(%)		
	>1+	1	<1	A	B	C
Control	68.7	18.8	12.5	25.0	62.5	12.5
TMR including 30% F-SMS	62.5	37.5	0	31.3	37.5	31.2

될 경우 장내 점도를 증가시키는 hemicellulose를 분해함으로써 소화기 질병의 예방 및 사료효율 개선효과가 있는 것으로 알려져 있다(Rajarani와 Varma, 1990; Campbell과 Bedford, 1992; Castañón 등, 1997; Krause 등, 1998). CMCase와 xylanase를 가축사료에 첨가하면 식물세포벽 구성성분의 대부분을 차지하고 있는 cellulose와 xylan을 동시에 분해할 수 있는 특징이 있어서 가축의 생산성 증대, 사료효율 증대, 환경오염 감소, 장내 *Lactobacillus* sp. 유산균 증가 등의 효과가 있다(Omogbenigun 등, 2004; Kiarie 등, 2007). Kim 등(2007d)은 버섯수확후배지에 우점하는 미생물 중 섬유소 분해능이 우수한 미생물을 분리하여 버섯수확후배지 발효사료용 생균제로 사용하였고 Gal과 Cho(2011)는 버섯수확후배지에 우점하는 미생물 중 cellulase, mannanase, xylanase 활성이 우수한 미생물을 분리하여 버섯수확후배지 발효사료용 생균제로 사용하였으며, Shin 등(2011)은 버섯수확후배지에 우점하는 미생물 중 항균물질인 surfactin 생성능이 우수한 미생물을 분리하여 버섯수확후배지 발효사료용 생균제로 사용하였다.

#### 새송이버섯 수확후배지의 급여효과

반추동물은 사료 종류에 따라 사료섭취, 반추소요시간, 저작횟수 등의 채식행동이 달라지기 때문에 반추동물의 채식행동은 반추동물의 소화생리에 절대적인 영향을 미칠 뿐만 아니라 조사료의 물리, 화학적인 특성을 나타내는 지표가 된다

(이 등, 2004). 이 등(2008)은 버섯잔사 첨가 급여가 육성기 한우 채식행동에 미치는 영향에 관한 연구에서 15%와 30%의 버섯수확후배지를 첨가한 한우 육성우 배합사료 급여구의 반추시간, 식피수, 저작수는 무첨가 급여구에 비해 다소 낮은 결과치를 보였으나 채식행동에 큰 문제가 될 정도는 아니며 오히려 무첨가 급여구에 비하여 버섯수확후배지를 첨가한 한우 육성우 배합사료 급여구의 채식율, 반추효율 및 저작효율이 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 발효과정을 거쳐 기호성을 개선한 팽이버섯(*Flammuliuia velutipes*) 수확후배지를 조사료원인 벼짚과 일부 대체하여 급여한 경우에도 벼짚 급여구에 비해 거세한우의 총 증체량 및 평균 일당증체량에는 큰 차이가 없었으며(Jugdder 등, 2009) 버섯수확후배지와 계분, 당밀, 호밀을 혼합한 후 생균제를 접종하여 14일 동안 발효시킨 농가부산물 혼합 silage를 급여한 경우에도 벼짚 급여구와 비교하여 반추행동에 큰 문제가 없었기 때문에(이 등, 2010) 버섯수확후배지는 벼짚대체 조사료자원으로 이용될 수 있다. Gal 등(2011)은 새송이버섯 수확후배지 발효산물 첨가 급여가 한우 거세우의 성장과 도체등급에 미치는 영향에 관한 연구에서 새송이버섯 수확후배지 발효산물을 30%(30%의 F-SMS) 첨가한 배합사료 급여구와 시판배합사료 급여구의 증체량은 처리구간에 큰 차이가 없었지만 육질 등급에서는 30%의 F-SMS를 첨가한 배합사료 급여구의 1등급 이상 출현율(100%)이 시판배합사료 급여구(87.5%)보다 높게 나타났으며 새송이버섯 수확후배지가 발효될 때 생성된

**Fig 1.** Contaminated mushroom substrates with fungus during the mushroom cultivation process

발효취에 의해 기호도가 상승하기 때문에 사료 섭취량은 시판배합사료 급여구(10.18 kg)보다 30%의 F-SMS를 첨가한 배합사료 급여구(15.35 kg)에서 높게 나타났다고 보고하였다( $p < 0.05$ ). 또한 기호성과 저장성이 개선된 새송이버섯 수확후배지 발효사료를 첨가한 배합사료의 급여는 한우 거세우의 육질 향상에는 시판사료 급여보다 효과적이었으며(Table 2) 육량등급에서는 처리구별로 큰 차이를 나타내지 않았으므로 새송이버섯 수확후배지는 한우 거세우의 원료사료로 이용될 수 있다고 보고하였다.

### 새송이버섯 수확후배지의 사료화를 위한 선행요건

버섯수확후배지를 사료자원으로 이용하기 위해서는 버섯배지 성분의 균일화, 이원화된 탈병시스템, 탈병시스템과 연계된 선별시스템의 개발이 필요하다. 버섯 배지는 버섯품종, 재배방식, 버섯재배농가 등에 따라 배지 원료와 배합비율에 차이가 많고 배지원료 가격과 수급에 따라 배지 원료와 배합비율이 달라지기 때문에 버섯수확후배지의 사료적 가치를 평가하는데 필요한 섬유소와 가소화양분 함량이 농가마다 다르다는 문제점이 있다. 따라서 버섯수확후배지를 사료자원으로 이용하기 위해서는 버섯품종별로 균일화된 배지조성과 배지 원료의 안정적인 수급이 필요하다.

현재 대부분의 버섯재배농가에서는 버섯생육 중 오염된 배지(Fig. 1)와 오염되지 않은 배지를 함께 탈병하는 일원화된 탈병 시스템을 사용하고 있다. 그러나 버섯생육 중 오염된 배지는 수분함량과 곡물함량이 높은 수확후배지의 부패원인이 될 수 있으므로 오염된 배지와 오염되지 않은 배지를 구분하여 탈병하는 이원화된 탈병시스템이 필요하다. 그리고 탈병 단계에서는 플라스틱 배양병이 파손되는 경우가 많이 발생되고 있으며 파손된 배양병 파편이 혼입된 버섯수확후배지를 사료자원으로 사용할 경우에는 파손된 배양병 파편이 가축의 식도나 위에 심각한 손상을 줄 수 있으므로 탈병시스템과 연계된 선별시스템이 필요하다.

### 적 요

버섯수확후배지는 버섯을 수확한 후 남겨진 배지를 말하며 버섯배지의 주원료는 가축 사료원료인 콘코브, 미강, 밀기울, 면실피, 비트펄프 등이고 버섯재배과정에서 배지영양원의 약 15-25% 정도만 버섯에 의해 이용되고 나머지 75-85% 정도는 버섯수확후배지에 남아있기 때문에 버섯수확후배지는 사료자원으로써 활용가치가 매우 높은 농산부산물이다. 버섯수확후배지 중 사료자원으로 이용할 수 있는 것은 새송이, 팽이, 느타리버섯 수확후배지이며 새송이버섯 수확후배지는 난분해성 물질인 톱밥이 함유되어 있기 때문에 섬

유소 함량은 높고 가소화양분 함량은 낮다는 단점이 있지만 cellulase와 xylanase 활성이 높은 미생물을 가축사료 첨가용 생균제로 이용하여 버섯수확후배지 발효사료를 제조하면 버섯수확후배지의 섬유소 함량은 낮아질 수 있다. 그러나 새송이버섯 수확후배지는 가소화양분 함량이 낮기 때문에 새송이버섯 수확후배지 발효사료를 단독으로 급여하기보다는 버섯수확후배지 발효사료를 일정량 첨가한 배합사료를 제조하여 급여하는 것이 영양학적인 측면에서 바람직하며 발효과정에 의해 기호성과 저장성이 개선된 새송이버섯 수확후배지 발효사료의 급여는 축우의 사료비 절감과 고급육 생산 효과를 기대할 수 있다.

### 감사의 말씀

본 연구는 2012년 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ006425)에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

### 참고문헌

- 김영일, 배지선, 허정원, 곽완섭. 2007. 버섯의 봉지재배 및 병재배 시 재배단계별 배지의 사료영양적 성분, 독성중금속 및 잔류농약 모니터링. 한국동물자원과학회지. 49 : 67-78.
- 농림수산식품부. 유통정책관 원예산업과. 2012. 2011 특용작물생산실적. pp. 54-57.
- 류영우. 1996. 갯목·사과박을 이용한 발효사료로 한우 증체 및 환경오염방지 기술개발. 농촌진흥청. 내고장 새기술 개발사업보고서. pp. 4-36.
- 류영우, 고영두, 이상무, 김역직. 1997. 한우육의 성분조성과 사료와의 관계에 대한 연구. I. 부산물 silage 급여가 한우육의 일반성분 및 무기물 조성에 미치는 영향. 상주산업대학교 논문집. 7 : 227-234.
- 류영우, 고영두, 이상무. 1998a. 사과박·참깨박 및 계분 혼합 볶짚 silage 급여가 한우의 육성율, 채식행동 및 도체특성에 미치는 영향. 한국축산학회지. 40 : 235-244.
- 류영우, 고영두, 이상무. 1998b. 사과박·참깨박 및 계분 혼합 비율이 볶짚 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한국축산학회지. 40 : 235-244.
- 박재현, 송영한. 1997. 부존자원으로서의 한약재 부산물이 육계에 대한 사료가치평가. 한국사료영양학회지. 21 : 59-64.
- 배동호, 신정남, 고기환. 1994. 사과박을 포함한 완전혼합

- 사료의 착유우에 대한 효과. 한국축산학회지, 16 : 295-302.
- 신평균, 유영복, 조용운, 조수정. 2011. 새송이버섯수확후 배지로부터 surfactin 생성 *Bacillus amyloliquefaciens* YJ07의 분리 및 특성. 한국버섯학회지, 9 : 180-185.
- 이상무, 황주환, 윤용범, 곽완섭, 김영일, 문상호, 전병태. 2008. 버섯잔사 첨가급여가 육성기 한우 채식행동에 미치는 영향. 초지조사료지, 28 : 107-118.
- 이상무, 김영일, 곽완섭. 부산물 혼합 silage 급여가 거세 한우의 채식 및 반추행동에 미치는 영향. 2010. 초지조사료지, 30 : 159-168.
- 이왕식, 이병석, 이상철, 이상석, 이세영, 이덕윤, 하종규. 2004. 볏짚 및 가공처리 왕겨의 급여가 한우의 사료섭취 및 반추행동에 미치는 영향. 한국동물자원과학회지, 46 : 49-54.
- Adamovic, M., Grubi, G., Milenkovic, I., Jovanovi, R., Proti, R., Sretenovi, L. and Stoievi, L. 1998. The biodegradation of wheat straw by *Pleurotus ostreatus* mushrooms and its use in cattle feeding. Anim. Feed Sci. Technol, 71 : 357-362.
- Andrew, S. B. and Anita, M. J. 1995. The recovery of lignocellulose-degrading enzymes from spent mushroom compost. Bioresource tech, 54 : 311-314.
- Bae, J. S., Kim, Y. I., Jung, S. H., Oh, Y. G. and Kwak, W. S. 2006. Evaluation on feed-nutritional value of spent mushroom(*Pleurotus osteratus*, *Pleurotus eryngii*, *Flammulina velutipes*) substrates as a roughage source for ruminants. J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.) 48 : 237-246.
- Baskaran, S., Bolan, N. S., Rahmanm, A. and Tillman, R. W. 1996. Effect of exogenous carbon on the sorption and movement of atrazine and 2,4-D by soils. Australian J. Soil Research 34 : 609-622.
- Campbell, G. L. and Bedford, M. R. 1992. Enzyme applications for monogastric feeds: A review. Can. J. Anim. Sci, 72 : 449-453.
- Castañón, J. I. R., Flores, M. P. and Pettersson, D. 1997. Mode of degradation of non-starch polysaccharides by feed enzyme preparations. Anim. Feed Sci. Technol, 68 : 361-365.
- Caswell, L. E. 1990. Fungal additives. Feed Manage, 41 : 9-13.
- Duitman, E. H., Hamoen, L. W., Rembold, M., Venema, G., Seitz, H., Saenger, W., Bernhard, F., Reinhardt, R., Schmidt, M., Ullrich, C., Stein, T., Leenders, F. and Vaster, J. 1999. The mycosubtilin synthetase of *Bacillus subtilis* ATCC6633: A multi-functional hybrid between a peptide synthetase, an amino transferase, and a fatty acid synthase. Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A, 96 : 13294-13299.
- Ehlers, G. A. and Rose, P. D. 2004. Immobilized white-rot fungal biodegradation of phenol and chlorinated phenol in trickling packed-bed reactors by employing sequencing batch operation. Bioresource Tech, 96 : 1264-1275.
- Fermor, T., Watts, N., Duncombe, T., Brooks, R., Mccarthy, A., Semple, K. and Reid, B. 2000. Bioremediation: use of composts and composting technologies. Mushroom Sci, 15 : 833-842.
- Gal, S. W. and Cho, S. J. 2011. Isolation and characterization of thermophilic *Bacillus* sp. UJ03 from spent mushroom (*Flammulina velvtipes*) substrates. J. Life Sci, 10 : 1481-1486.
- Gal, S. W., Moon, Y. H. and Cho, S. J. 2011. Effect of the dietary supplementation of fermented spent mushroom (*Pleurotus eryngii*) substrates on the growth performance and carcass characteristics in Hanwoo steers. J. Life Sci, 12 : 1705-1709.
- Jugdder, S., Ji, B. J., Guang, L. J., Chol, S. H. and Song, M. K. 2009. Effect of dietary replacement of rice straw with fermented spent mushroom (*Flammulina velvtipes*) compost on availability of feeds in sheep, and growth performance of hanwoo steers. J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.) 51 : 241-248.
- Jung, W. H., Yang, S. Y., Song, M. D., Ha, J. K. and Kim, C. W. 2003. Isolation of *Bacillus* sp. producing xylanase and cellulase and optimization of medium conditions of its production. Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol, 31 : 383-388.
- Kabak, B., Dobson, A. D. and Var, I. 2006. Strategies to prevent mycotoxin contamination of food and animal feed: a review. Crit. Rev. Food Sci. Nutr, 46 : 593-619.
- Kabak, B. and Dobson, A. D. 2009. Biological strategies to counteract the effects of mycotoxins. J. Food Prot, 72 : 2006-2016.
- Kiarie, E., Nyachoti, C. M., Slominski, B. A. and Blanal, G. 2007. Growth performance, gastrointestinal microbial activity, and nutrient digestibility inn early

- weaned pigs fed diets containing flaxseed and carbohydrazase enzyme. *J. Anim. Sci.* 85 : 2982–2993.
- Kim, Y. I., Bae, J. S., Huh, J. W. and Kwak, W. S. 2007a. Monitoring of feed–nutritional components, toxic heavy metals and pesticide residues in mushroom substrates according to bottle type and vinyl bag type cultivation. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 49 : 67–78.
- Kim, Y. I., Bae, J. S., Jung, S. H., Ahn, M. H. and Kwak, W. S. 2007b. Yield and physicochemical characteristics of spent mushroom (*Pleurotus eryngii*, *Pleurotus osteratus* and *Ammulina velutipes*) substrates according to mushroom species and cultivation types. *J. Anim. Sci. & Technol. (Kor.)* 49 : 79–88.
- Kim, Y. I., Jung, S. H., Yang, S. Y., Huh, J. W. and Kwak, W. S. 2007c. Effects of cellulolytic microbes inoculation during deep stacking of spent mushroom substrates on cellulolytic enzyme activity and nutrients utilization by sheep. *J. Anim. Sci. & Technol. Kor.* 49 : 667–676.
- Kim, Y. I., Jung, S. H., Seok, J. S., Yang, S. Y., Huh, J. W. and Kwak, W. S. 2007d. Isolation and identification of high cellulolytic bacteria from spent mushroom substrate and determination of optimal medium conditions for the growth. *Kor. J. Microbiol. Biotechnol.* 35 : 255–260.
- Krause, M. K., Beauchemin, K. A., Rode, L. M., Farr, B. I. and Nørgaard, P. 1998. Fibrolytic enzyme treatment of barley grain and source of forage in high grain diets fed to growing cattle. *J. Anim. Sci.* 76 : 2912–2920.
- Kuo, W. S. and Regan, R. W. 1998. Aerobic carbamate bioremediation aided by compost residuals from the mushroom industry: Laboratory studies. *Compost science and utilization* 6 : 19–29.
- Kwak, W. S., Jung, S. H. and Kim, Y. I. 2008. Broiler litter supplementation improves storage and feed–nutritional value of sawdust–based spent mushroom substrates. *Bioresour. Technol.* 99 : 2947–2955.
- Lee, J. H. and Chol, S. H. 2006. Xylanase production by *Bacillus* sp. A–6 isolated from rice bran. *J. Microbiol. Biotechnol.* 16 : 1856–1861.
- Makela, M., Galkin, S., Hatakka, A. and Lundell, T. 2002. Production of organic acids and oxalate decarboxylase in lignin–degrading white rot fungi. *Enzyme Microb. Technol.* 30 : 542–549.
- Mashphay, S., Levanon, D. and Henis, Y. 1996. Degradation of atrazine by the lignocellulolytic fungus *Pleurotus pulmonarius* during solid–state fermentation. *Bioresour. Technol.* 56 : 207–214.
- Omogbenigun, F. O., Nyachoti, C. M. and Slominski, B. A. 2004. Dietary supplementation with multi–enzyme preparations improves nutrient utilization and growth performance in weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 82 : 1053–1061.
- Rajaram, S. and Varma, A. 1990. Production and characterization of xylanase from *Bacillus thermoalkalophilus* grown on agricultural wastes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 34 : 141–144.
- Regine, M. D., Ptak, M., Peypoux, F. and Michel, G. 1985. Pore–forming properties of surfactin A; a lipopeptide antibiotic. *Biochim. Biophys. Acta* 815 : 405–409.
- Regine, M. D. and Peypoux, F. 1994. Surfactins, a special class of pore–forming lipopeptides: biological and physicochemical properties. *Toxicology* 87 : 151–174.
- Schallmeyer, M., Singh, A. and Ward, O. P. 2004. Developments in the use of *Bacillus* species for industrial production. *Can. J. Microbiol.* 50 : 1–17.
- Semple, K. T. and Fermor, T. R. 1995. The bioremediation of xenobiotic–contamination by composts and associated microflora. *Mushroom Sci.* 14 : 917–924.
- Semple, K. T., Watts, N. U. and Fermor, T. R. 1998. Factors affecting the mineralization of [U–C–14] benzene in spent mushroom substrate. *FEMS Microbiol. Lett.* 164 : 317–321.
- Silanikove, N., Danai, O. and Levanon, D. 1988. Composted cotton straw silage as a substrate for *Pleurotus* sp. cultivation. *Biol. Wastes* 25 : 219–226.
- Stamets, P. 2001. *Mycova: Helping the ecosystem through mushroom cultivation*. <http://www.fungi.com>.
- Tuomela, M., Vikman, M., Hatakka, A. and Itavaara, M. 2000. Biodegradation of lignin in a compost environment: a review. *Bioresour. Tech.* 72 : 169–183.
- Yang, S. Y., Song, M. D., Kim, O. H. and Kim, C.

- W. 2001. Isolation of *Bacillus* sp. producing multi-enzyme and optimization of medium conditions for its production using feedstuffs for probiotics, Kor. J. Appl. Microbiol. Biotechnol. 29 : 110–114.
- Vanittanakam, N. and Loeffler, W. 1986. Fengycin—a novel antifungal lipopeptide antibiotics produced by *Bacillus subtilis* F29–3. J. Antibio. Tokyo 39 : 888–901.
- Williams, B. C., McMullan, J. T. and McCahey, S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. Bioresour. Technol. 79 : 227–230.