

미생물과 개미산 첨가가 팽이버섯 수확후배지의 저장성에 미치는 영향

문여황¹, 이성실², 조용운³, 조수정^{3*}

¹경남과학기술대학교 동물생명과학과, ²경상대학교 응용생명과학부, ³경남과학기술대학교 제약공학과

Effect of Microbes and Formic acid on Storage of Spent Mushroom (*Flammulina velutipes*) Substrates

Yea Hwang Moon¹, Sung Sill Lee², Yong Un Cho³ and Soo Jeong Cho^{3*}

¹Department of Animal Science & Biotechnology, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

²Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, Jinju 660-701, Korea

³Department of Pharmaceutical Engineering, Gyeongnam National University of Science and Technology, Jinju 660-758, Korea

(Received November 3, 2012, Revised November 11, 2012, Accepted November 18, 2012)

ABSTRACT: This study was conducted to suggest effective storage methods for the use spent mushroom (*Flammulina velutipes*) substrates (SMS) as animal feed. SMS was storage by deep stacking, composting and vinyl mulching after treated with 1% microbes and 0.5% formic acid. During the storage periods, all of the treatment was covered with hyphae of mushroom. The external change of SMS was shown that the storage of SMS can be improved by anaerobic condition and 1% microbial treatment. The comparatively high temperature, pH and total bacterial number was shown in the SMS treated without microbes and formic acid by composting.

KEYWORDS : Formic acid, Microbes, Spent mushroom substrates, Storage

버섯수확후배지(spent mushroom substrates; SMS)는 버섯을 수확한 후 남겨진 배지를 말하며 버섯의 종류, 재배방식, 재배농가에 따라 배출되는 성분은 다양하지만(Williams 등, 2001; Kim 등 2007) 대부분 사료원료인 콘코브, 미강, 밀기울, 소맥피 등을 배지원료로 사용하고 있다. 또한 버섯은 버섯재배과정에서 20-25%의 배지성분만을 이용하기 때문에 버섯수확후배지에는 버섯재배과정에서 버섯 균사체에 의해 이용되고 남은 배지성분들과 버섯 균사체가 분비한 각종 생리활성물질이 남아있어서 버섯수확후배지는 사료자원으로써 활용가치가 높은 부존자원이다(Williams 등, 2001; Bae 등, 2006). 특히 사료원료 대부분을 수입에 의존하고 있는 우리나라의 경우 유기물 함량이 높은 버섯수확후배지의 사료화는 축산농가의 경영비 절감에 크게 기여할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 버섯 재배 농가에서 배출되는 버섯수확후배지는 수분(50~60%)과 유기물 함량이 높기 때문에 쉽게 부패되는 단점이 있어서(Kwak 등, 2008) 대부분 사료자원보다는 유기질 퇴비(Ehaliotis 등, 2005), 토양개량제(Stamets, 2001), 지렁이 생산용 배지(Edwards 등, 1985) 등으로 이용되어 왔다. 최근에는 곡물가격 상승에 의한 사료

비 급등으로 축산농가의 경쟁력이 위축되면서 수입사료 원료를 대체할 수 있는 사료자원 개발에 관한 연구가 많이 진행되고 있으며 버섯수확후배지를 사료자원으로 개발하려는 축산농가가 증가하고 있다.

사료자원으로 이용 가능한 버섯수확후배지는 병재배법에 의해 배출되는 새송이, 팽이, 느타리버섯 수확후배지이며 이 중에서도 팽이버섯 수확후배지는 난분해성 물질인 톱밥 대신 콘코브를 배지원료로 사용하기 때문에 사료화에 적합한 자원이라고 생각된다. 또한 새송이, 팽이, 느타리버섯은 재배기술의 발달로 대규모 생산이 주류를 이루고 있기 때문에 버섯수확후배지를 사료자원으로 이용할 경우 원료의 안정적인 공급이 가능하다는 장점이 있다(Gal 등, 2011). 그러나 팽이버섯 수확후배지는 수분(56%)과 부패가 용이한 미강 함량이 높아서 저장 중에 쉽게 부패되기 때문에 버섯수확후배지를 사료자원으로 이용하기 위해서는 버섯수확후배지의 저장성을 향상시킬 수 있는 가공공정이 필요하며 이에 관한 연구도 활발히 진행되어야 한다.

버섯수확후배지의 저장성을 높이기 위한 가공공정에는 물리적 처리, 화학적 처리, 생물학적 처리 등 다양한 방법이 적용될 수 있다. 물리적 처리 방법으로는 건조법이 있다. 건조법은 수분함량이 높은 버섯수확후배지의 저장성을 향상시킬

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

수 있는 가장 이상적인 방법이지만 처리비용이 많이 든다는 단점이 있다. 화학적 처리 방법은 버섯수확후배지의 pH를 산(acid)으로 조절하여 병원미생물과 곰팡이 생육을 억제하는 방법으로 축우 사료의 사일리지 제조에 많이 이용되고 있다. 생물학적 방법에는 혐기발효와 호기발효가 있다. 혐기발효법은 버섯수확후배지에 미생물을 접종한 후 밀봉하여 발효시키는 방법으로 노동력과 밀봉 용기가 필요하다는 단점이 있으며 산소공급이 차단되기 때문에 곰팡이 생육이 억제되고 장기저장이 가능하다는 장점이 있다. 호기발효법에는 버섯수확후배지에 미생물을 접종한 후 일정기간마다 뒤집기를 하여 산소를 공급하는 방법이 있으며 많은 노동력이 필요하다는 단점이 있다. 혐기발효와 호기발효를 혼합한 방법에는 버섯수확후배지에 미생물을 접종한 후 높이 쌓아서 퇴적해 두는 방법이 있으며 적은 노동력이 필요하고 발효열에 의해 버섯수확후배지 내부의 병원미생물이 사멸될 수 있다는 장점이 있지만 버섯수확후배지의 표면은 산소 공급이 되기 때문에 곰팡이 생육이 가능하다는 단점이 있다.

따라서 본 실험에서는 미생물과 개미산을 처리한 팽이버섯 수확후배지를 퇴적, 비닐피복, 뒤집기 등의 방법으로 저장한 다음 미생물과 개미산 첨가가 팽이버섯 수확후배지의 저장성에 미치는 영향을 조사함으로써 팽이버섯 수확후배지의 사료화에 가장 적합한 저장법을 제시하고자 한다.

팽이버섯 수확후배지는 충북 음성소재의 도래미농산에서 공급받아 사용하였으며 전체적으로 엷은 갈색을 띠고 있었고 자실체 잔여물이 남아있었다. 버섯수확후배지는 미생물 무처리구와 미생물 처리구, 개미산 무처리구와 개미산 처리구로 나누어 8일 동안 퇴적, 비닐피복, 뒤집기 등의 방법으로 저장하였으며 각 처리구당 900 kg의 버섯수확후배지를 적재하였다. 미생물 처리구는 버섯수확후배지에 1%(원물기준)의 *Bacillus* sp. UJ03 배양액을 접종하였고 개미산 처리구는 버섯수확후배지에 0.5%(원물기준)의 개미산을 처리하였다. *Bacillus* sp. UJ03은 팽이버섯 수확후배지로부터 분리한 고온성 미생물로서 *Aspergillus flavus*와 *Aspergillus ochraceous*에 대한 항균력이 높고 cellulase와 xylanase 활성이 높은 미생물이다(Gal과 Cho, 2011).

미생물과 개미산 첨가가 버섯수확후배지의 저장성에 미치는 영향은 저장기간 동안 각 처리구별로 팽이버섯 수확후배지의 외관적 성장, 온도, pH, 일반세균 수 등을 조사하여 확인하였으며 시료는 대표성 확보를 위해 처리구 내 3곳으로부터 채취한 다음 잘 혼합하여 사용하였다. 외관적 성상은 육안으로 관찰하였으며 온도 변화는 처리구의 중심부에 온도계를 설치하고 매일 일정한 시간에 온도를 확인하여 조사하였고 pH 변화는 채취한 시료를 물과 1:5 비율로 희석한 후 pH meter를 사용하여 측정하였다. 일반세균 수는 팽이버섯 수확후배지 1g을 멸균수에 현탁한 후 10^4 으로 희석한 희석액

100 ul를 tryptic soy agar(TSA, Difco)에 도말한 다음 50℃에서 36시간 동안 배양하여 확인하였다.

저장기간에 따른 처리구별 팽이버섯 수확후배지의 외관적 성장변화를 살펴보면 저장기간 동안 모든 처리구에서 버섯 균사체가 수확후배지 표면에 우점하고 있었다(Fig. 1). 저장 후 2일째부터는 퇴적 처리한 버섯수확후배지와 뒤집기 처리한 버섯수확후배지의 무처리구에서 푸른 곰팡이와 회색 곰팡이가 증식하였고 부패취가 발생하기 시작하였으며 저장 후 3일이 경과한 후에는 퇴적 처리한 버섯수확후배지와 뒤집기 처리한 버섯수확후배지의 미생물 처리구와 개미산 처리구에서도 푸른 곰팡이와 회색 곰팡이가 증식하기 시작하였고 부패취가 발생하였다. 퇴적 처리한 버섯수확후배지의 개미산 처리구보다 미생물 처리구에서 팽이버섯 균사체가 많이 증식한 이유는 개미산 처리구는 개미산에 의해 버섯수확후배지의 pH가 낮아져서 팽이버섯 균사체의 생육이 억제되지만 미생물 처리구는 *Bacillus* sp. UJ03이 팽이버섯 균사체의 생육을 억제하지 않고 aflatoxin을 생성하는 곰팡이 생육을 억제할 수 있기 때문이다. 비닐피복에 의해 산소를 차단한 경우에는 저장 후 3일이 경과한 후에 무처리구에서 푸른 곰팡이와 회색 곰팡이가 증식하였고 부패취가 발생하기 시작하였으며 저장 후 4일이 경과한 후에는 미생물 처리구와 개미산 처리구에서도 푸른 곰팡이와 회색 곰팡이가 증식하였고 부패취가 발생하였다. 푸른 곰팡이와 회색 곰팡이 오염이 적고 부패취 발생이 적은 처리구는 비닐 피복한 미생물 처리구였다. 미생물과 개미산 처리에 의한 팽이버섯 수확후배지의 외관적 성장변화를 종합해보면 호기적 조건보다는 혐기적 조건에서 저장성이 향상되었으며 개미산 처리와 같은 화학적 처리법보다는 미생물을 접종한 처리구의 저장성이 향상됨을 확인할 수 있었다.

미생물 처리구와 개미산 처리구를 퇴적한 후 8일 동안 버섯수확후배지의 온도, pH, 일반세균 수 등을 조사한 결과, 온도는 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 서서히 증가하였으며 pH는 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 증가와 감소를 반복하는 경향을 나타내었다. 무처리구의 일반세균 수는 큰 변화를 나타내지 않았지만 미생물 처리구의 일반세균 수는 시간이 경과함에 따라 서서히 감소하다가 7일이 경과한 후에는 급격히 감소하는 경향을 나타내었으며 개미산 처리구의 일반세균 수는 저장 후 3일째부터 급격히 감소하는 경향을 나타내었다(Table 1).

미생물 처리구와 개미산 처리구의 산소공급을 제한하기 위해 퇴적된 버섯수확후배지를 비닐로 피복한 후 8일 동안 버섯수확후배지의 온도, pH, 일반세균 수 등을 조사한 결과, 무처리구의 온도는 큰 변화가 없었으나 미생물처리구와 개미산 처리구는 저장 후 5일째까지 온도가 상승하다가 6일째에 갑자기 감소한 후 일정한 온도를 유지하였다. 무처리구와 미생


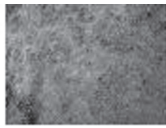




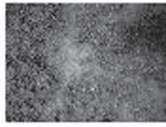





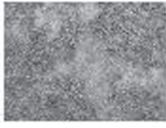



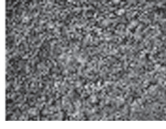
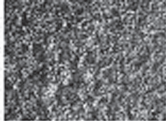


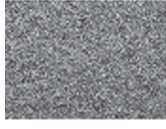
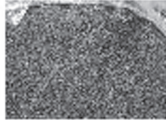
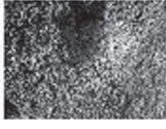
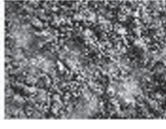



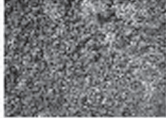




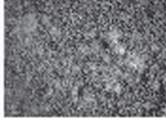

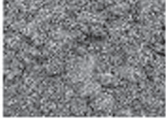


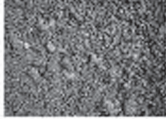





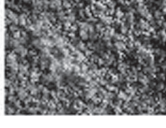

Treatment		Storage period(days)				
		0	2	3	4	8
Deep stacking	Control					
	Microbes (1%)					
	Formic acid (0.5%)					
Vinyl mulching	Control					
	Microbes (1%)					
	Formic acid (0.5%)					
Composting	Control					
	Microbes (1%)					
	Formic acid (0.5%)					

Fig. 1. External change of spent mushroom substrates treated with microbes (1%) and formic acid (0.5%) by deep stacking, vinyl mulching and composting

Table 1. Change of temperature, pH and total bacteria in spent mushroom substrates treated with microbes (1%) and formic acid (0.5%) by deep stacking

Treatment	Contents	Storage period (days)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Control	Temperature	48	49	49	50	52	54	56	57
	pH	4.83	5.36	4.74	5.31	5.10	5.20	5.55	5.83
	Total bacteria	4.9×10^7	3.5×10^7	8.0×10^6	8.0×10^6	3.6×10^6	3.0×10^6	1.3×10^7	4.3×10^6
Microbes (1%)	Temperature	32	51	50	50	51	53	54	56
	pH	4.80	5.27	5.02	5.22	5.17	5.32	5.08	4.98
	Total bacteria	6.9×10^7	3.6×10^7	4.0×10^6	3.0×10^4	1.4×10^5	3.0×10^5	2.9×10^5	4.0×10^3
Formic acid (0.5%)	Temperature	43	49	48	50	50	52	54	57
	pH	4.01	4.54	5.04	4.27	3.62	4.99	5.00	4.11
	Total bacteria	5.9×10^7	6.0×10^6	4.0×10^3	4.0×10^3	3.4×10^3	2.0×10^3	6.0×10^3	8.7×10^3

Table 2. Change of temperature, pH and total bacteria in spent mushroom substrates treated with microbes (1%) and formic acid (0.5%) by vinyl mulching

Treatment	Contents	Storage period (days)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Control	Temperature	43	45	46	46	46	46	46	45
	pH	4.83	4.78	4.98	5.48	4.90	5.02	5.30	5.11
	Total bacteria	4.9×10^8	3.9×10^7	8.8×10^5	6.0×10^3	2.4×10^5	7.5×10^5	1.3×10^7	1.3×10^6
Microbes (1%)	Temperature	39	40	44	46	51	44	45	44
	pH	4.76	4.78	4.96	5.12	5.07	5.02	5.16	4.87
	Total bacteria	8.0×10^6	2.4×10^6	1.7×10^6	4.8×10^6	4.9×10^6	8.7×10^6	6.0×10^6	4.0×10^3
Formic acid (0.5%)	Temperature	40	40	42	46	56	44	45	45
	pH	4.88	4.64	4.40	4.78	4.82	4.84	4.79	4.80
	Total bacteria	8.2×10^7	1.2×10^7	1.8×10^5	1.4×10^5	1.0×10^3	1.0×10^3	3.2×10^5	1.2×10^6

Table 3. Change of temperature, pH and total bacteria in spent mushroom substrates treated with microbes (1%) and formic acid (0.5%) by composting

Treatment	Contents	Storage period (days)							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Control	Temperature	39	49	50	60	57	60	64	68
	pH	4.69	5.17	5.42	5.93	5.56	5.60	6.49	5.91
	Total bacteria	6.8×10^7	3.1×10^7	6.2×10^6	3.4×10^6	8.1×10^7	4.0×10^6	3.2×10^6	4.1×10^6
Microbes (1%)	Temperature	40	49	52	54	51	64	66	66
	pH	4.82	5.45	6.09	5.37	5.47	6.08	6.26	6.13
	Total bacteria	6.2×10^6	1.4×10^7	6.3×10^6	2.9×10^6	1.7×10^6	1.2×10^7	1.7×10^6	2.3×10^6
Formic acid (0.5%)	Temperature	40	50	49	52	58	60	68	68
	pH	4.46	5.08	4.77	5.75	5.57	5.68	6.25	6.15
	Total bacteria	2.7×10^7	2.2×10^7	1.7×10^7	2.8×10^6	7.6×10^7	8.0×10^6	2.4×10^6	1.7×10^6

물 처리구의 pH는 증가와 감소를 반복하는 경향을 나타내었고 개미산 첨가구의 pH는 큰 변화가 없었다. 무처리구의 일반세균 수는 저장 후 3일째에 감소하였다가 5일째에 다시 상승하기 시작하였고 미생물 처리구의 일반세균 수는 큰 변화가 없다가 저장 후 8일째에 감소하기 시작하였으며 개미산 처리구의 일반세균 수는 저장 후 3일째부터 급격히 감소하였다가 7일째에 다시 증가하는 경향을 나타내었다(Table 2).

미생물 처리구와 개미산 처리구를 퇴적한 후 산소를 공급하기 위해 매일 뒤집기를 하면서 8일 동안 버섯수확후배지의 온도, pH, 일반세균 수 등을 조사한 결과, 온도는 모든 처리구에서 시간이 경과함에 따라 증가하는 경향을 나타내었고 pH는 시간이 경과함에 따라 증가와 감소를 반복하는 경향을 나타내었으며 일반세균 수는 모든 처리구에서 큰 변화가 없었다(Table 3).

적 요

팽이버섯 수확후배지의 사료화에 가장 적합한 저장법을 제시하기 위하여 미생물과 개미산을 처리한 팽이버섯 수확후배지를 퇴적, 뒤집기, 비닐피복 등의 방법으로 저장한 다음 미생물과 개미산 처리가 팽이버섯수확후배지의 저장성에 미치는 영향을 조사하였다. 저장기간에 따른 처리구별 팽이버섯 수확후배지의 외관적 성상변화를 종합해보면 저장기간 동안 모든 처리구에서 버섯 균사체가 버섯수확후배지의 표면에 우점하고 있었으며 호기적 조건보다는 혐기적 조건에서 저장성이 향상되었고 개미산 처리와 같은 화학적 처리법보다는 미생물을 접종한 처리구의 저장성이 향상됨을 확인할 수 있었다. 미생물과 개미산을 처리한 버섯수확후배지를 퇴적, 비닐피복, 뒤집기 등의 방법으로 8일 동안 저장하면서 버섯수확후배지의 온도, pH, 일반세균 수 등을 조사한 결과, 온도, pH, 일반세균 수는 미생물과 개미산 무처리구를 뒤집기한 경우에 가장 높게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 2012년 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호: PJ007474)과 2011년 경남과학기술대학교 기성회연구비 지원 사업에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 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.
- Gal, S. W. and Cho, S. J. 2011. Isolation and characterization of thermophilic *Bacillus* sp. UJ03 from spent mushroom (*Flammulina velutipes*) substrates. *J. Life Sci.* 21 : 1481-1486.
- Gal, S. W., Moon, Y. W. 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.* 21 : 1705-1709.
- Edwards, D. A., Burrows, L., Fletcher, K. E. and Jones, B. A. 1985. The use of earthworms for composting farm wastes. pp. 229-242. In: J. K. R. Gasser(ed). *Composting of agricultural and other wastes*. Elsevier Applied Science Publishers, London.
- Ehaliotis, C., Zervakis, G. I. and Karavitis, P. 2005. Residues and by-products of olive-oil mills for root-zone heating and plant nutrition in organic vegetable production. *Sci. Hort.* 106 : 293-308.
- Kim, Y. I., Bae, J. S., Jung, S. H., Ahn, M. H. and Kwak, W. S. 2007. 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.
- 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 substrate. *Bioresource Tech.* 99 : 2947-2955.
- Stamets, P. 2001. *Mycova*: Helping the ecosystem through mushroom cultivation. <http://www.fungi.com>.
- Williams, B. C., McMullan, J. T. and McCahey, S. 2001. An initial assessment of spent mushroom compost as a potential energy feedstock. *Biores. Technol.* 79 : 227-230.