

팽이버섯 수확 후 배지의 첨가수준이 수수 사일리지의 화학적 조성과 품질에 미치는 영향

문여황¹, 이성실², 강태원², 조수정^{3*}

¹경남과학기술대학교 말 생명산업연구소, ²경상대학교 응용생명과학부, ³경남과학기술대학교 제약공학과

Effects of Supplemental Levels of Spent Mushroom (*Flammulina velutipes*) Substrates on Chemical Composition and Quality of Whole Crop Sorghum Silage

Yea-Hwang Moon¹, Sung-Sill Lee², Tae-Won Kang² and Soo-Jeong Cho^{3*}

¹The Institute for Horse Research, Gyeongnam National University of Science and Technology, 33
Dongjin-ro, Jinju 660-758, Korea

²Division of Applied Life Science, Gyeongsang National University, 501 Jinju-daero, Jinju 660-701, Korea

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

(Received september 4, 2012, Revised september 19, 2012, Accepted september 20, 2012)

ABSTRACT: This study was carried out to determine the supplemental level of spent mushroom (*Flammulina velutipes*) substrates as an energy source in manufacturing of high moisture sorghum whole crop silage. Whole crop sorghum was harvested at heading stage and ensiled with spent mushroom substrates of 20% (S-20), 40% (S-40) and 60% (S-60) as fresh matter basis. Each silage was manufactured in plastic buckets included vinyl bag by three replications and stored for 0, 3, 6 and 9 weeks, respectively. Fermentation characteristics and quality of sorghum silages manufactured by supplemental level of spent mushroom substrates were as follows. Moisture contents of whole crop sorghum and spent mushroom substrates were 83.85% and 54.3%, respectively, and that of silages was 78% for S-20, 71% for S-40 and 68% for S-60. Ether extracts content of silages was significantly ($P<0.05$) increased during the fermentation periods. The pH in silages fermented for 3 weeks and above ranged from 4.24 to 4.42, and the decrease of pH by fermentation was relatively greater in S-40 compare to the other treatments. The lactic acid content of silage inclined that the S-40 was higher compared to the other treatments and decreased with elongation of fermentation period of silage. The contents of acetic acid and propionic acid of silages were not influenced by treatments and fermentation period. Flieg's score for estimation of silage quality ranged from 60 to 83, and was relatively high quality in the S-40 fermented for 9 week, and was relatively low quality in the S-60 fermented for 9 week. From above results, we suggest that 40% supplementation of spent *Flammulina velutipes* mushroom substrates as an energy source is reasonable level in manufacturing of high moisture sorghum whole crop silage.

KEYWORDS : *Flammulina velutipes*, Flieg's score, Organic acid, Sorghum silage, Spent mushroom substrates

서론

수입 원료사료의 가격 급등과 FTA 등으로 경쟁력이 크게 위축된 축산농가에서 우선적으로 필요한 것은 경영비 절감을 위한 사료 자급률 향상이며 축산농가의 경영비 절감을 위해 국내 부존자원 중 이용 가능한 폐자원을 사료자원으로 활용할 수 있다면 경제성 뿐만아니라 환경보존 차원에서 바람직한 일이므로 적극적으로 개발, 보급되어야 할 부분이다. 국내 부존자원 중 버섯수확후배지는 버섯재배에 배지영양원의 15~25% 정도만 이용되고 나머지는 수확후배지에 남아있기 때문에 사료자원으로서 활용 가치가 매우 높은 부존자원이지만 수분함량

이 높고 부패가 쉬우며 비영양성 물질인 톱밥비율이 높아서 대부분 저가의 퇴비원료로 사용되고 있는 실정이다. 우리나라에서 사료적 가치가 있는 버섯수확후배지는 연간 약 97만 톤 정도 발생되고 있으며 팽이, 새송이, 느타리버섯 수확후배지의 발생량이 약 89%를 차지하고 있고 이 중 팽이버섯 수확후배지의 생산량이 35%로 가장 많고 농가당 생산규모도 가장 크다(농림수산식품부, 2010). 새송이버섯과 느타리버섯 수확후배지에는 난분해성물질인 톱밥이 많이 함유되어 있는 반면, 팽이버섯 수확후배지에는 톱밥이 함유되어 있지 않고 축우용 사료보다 품질이 우수한 원료를 사용하므로 팽이버섯 수확후배지는 사료자원으로서 가치가 높은 부존자원이다. 그러나 팽이버섯 수확후배지에는 부패가 빠른 미강이 많이 포함되어 있고 수분함량이 높기 때문에 팽이버섯 수확후배지를 사료자원으로 이용하

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

기위해서는 건조나 적절한 생물화학적 처리가 필요하다. 수분이 많은 원료사료를 안전하게 이용하기 위해서는 건조처리가 가장 바람직한 방법이지만 건조처리는 건조비용이 원가를 상승시켜 경제성이 낮다는 단점이 있기 때문에 건조처리법보다는 적절한 발효과정을 통해 수확후배지의 저장성을 향상시키고 수확후배지가 발효에 필요한 영양원으로서 작용할 수 있도록 하는 생물학적 처리법이 더 바람직한 방법일 것이다.

생물학적 처리법 중에서 사일리지는 발효미생물에 의해 부패 속도가 빠른 다즙성 사료의 유해균 증식을 억제시킴으로써 저장성을 향상시키기 위해 주로 이용되고 있으며 반추가축용 조사료로서 사일리지는 수확과 제조시기에 따라 질적 차이가 있지만 경제성이 우수하다는 장점이 있다. 최근 정부에서도 사료자급률 향상을 위한 조사료대책 추진관련 사업으로 사일리지 품질에 따라 보조금을 차등 지급하고 있다(농림수산식품부, 2010). 사일리지란 곡실이 성숙되기 전의 옥수수 또는 맥류를 사일로 용기에 저장하거나 성숙한 곡실과 경엽을 합해서 사일로 용기에 저장하여 유산균 발효시킨 것을 말하며 후자를 총체사일리지(whole crop silage)라고 한다. 총체사일리지는 알곡이 달린 작물을 그대로 이용하기 때문에 TDN 함량이 높아서 농후사료 절감과 가축의 생산성을 향상시킬 수 있다(Crookston 등, 1987). 축산기술연구소(2004)에서는 우리나라의 벼 대체 사료작물로서 5월 상순이 파종적기인 수수류가 적합하다고 하였고 지 등(2010a, 2010b)은 6-8월에 집중적인 장마가 있는 기후조건에서는 다른 초종에 비해 비교적 습해가 강한 수수류 파종을 권장하면서 옥수수 사일리지와 분쇄옥수수를 10% 첨가한 수수사일리지구의 건물소화율(62.4%:61.4%), 건물섭취량(체중의 2.1%), TDN (64%:63%) 함량을 비교한 결과 유의적인 차이가 없다고 하였다. 총체사일리지 원료로서 수수는 옥수수에 비해 알곡의 수량이 적기 때문에 양질의 발효를 위해서는 에너지원의 추가공급이 필요하며 수수 사일리지의 이상적인 발효를 위해 팽이버섯 수확후배지를 사용할 경우 에너지 공급과 더불어 사일리지의 수분조절(65~70%)에도 용이할 것이다.

따라서 본 연구는 버섯 수확후배지의 활용성을 높이기 위하여 수수 사일리지 제조 시 팽이버섯 수확후배지를 에너지 공급원으로 사용할 경우 팽이버섯 수확후배지의 적정 첨가수준과 사일리지의 발효기간을 규명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

시험재료

수수 사일리지에 첨가할 버섯수확후배지는 도레미농산(충북 음성소재)으로부터 탈병 후 퇴적되어 있는 팽이버섯 수확후배지를 수집하여 사용하였으며 도레미농산에서 사용하고 있는 버섯배지의 원료는 미강, 콘코브, 비트펄프, 면실피, 건비지 패

분 등이었다. 수수는 8월 중순에 수확한 출수기 수수를 예건하지 않고 예취 직후 그대로 사용하였다.

버섯수확후배지를 첨가한 수수 사일리지 제조

수확한 출수기 수수는 충진과 답압이 잘 되도록 2~3 cm로 절단한 다음 원물기준으로 각각 20%(S-20), 40%(S-40), 60%(S-60)의 팽이버섯 수확후배지와 혼합하였다. 청예수수와 수확후배지 혼합물은 2겹의 비닐이 내장된 플라스틱 통에 각 처리구별로 9 kg (3 kg×3 반복)씩 답압 충진하면서 이상적인 발효를 위하여 5% 당밀과 0.2% 개미산을 첨가하여(한과윤, 1978) 수수 총체사일리지를 제조하였다. 충진된 수수사일리지는 밀봉한 후 0, 3, 6, 9주 동안 발효시켰다.

팽이버섯 수확후배지, 청예수수, 팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수 사일리지의 성분 분석

성분 분석을 위한 시료는 60℃에서 48시간 건조한 후 sample mill (Cemotec, Tecator, Sweden)으로 분쇄하여 이용하였다. 팽이버섯 수확후배지, 청예수수, 팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수사일리지의 일반성분은 AOAC(1995) 방법으로 분석하였으며 NDF와 ADF는 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였다. TDN은 김 등(2009)의 $TDN = 4.898 + (89.796 \times \{0.7936 - (0.00344 \times ADF)\})$ 의 공식을 이용하여 산출하였으며 Ca와 P는 배합된 원료사료의 성분과 배합비율로 산출하였다.

팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수 사일리지의 pH 및 유기산 함량

팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수 사일리지의 pH와 유기산 함량 측정을 위한 시료는 개봉한 사일리지 10 g을 증류수 100 ml에 넣고 4℃에서 24시간 동안 교반한 후 4겹의 거즈로 거른 다음 여과지(Whatman No. 6)에 여과하여 제조하였으며 여과액은 -50℃에서 냉동보관하면서 사용하였다. 여과액의 pH는 pH meter(Mettler Toledo, MP230)를 사용하여 측정하였고 유기산 함량은 Ehrlich 등(1981)의 방법에 따라 HPLC(Perkinelmer, Series 200, USA)로 분석하였다. HPLC 분석에 사용된 column은 C18 reverse column이며 용매는 0.013N H₂SO₄, flow rate는 1.5ml/min이고 210nm에서 흡광도를 측정하였다 사일리지의 품질은 각 유기산의 총산에 대한 몰 비율(%)로부터 Flieg's score를 구하여 평가하였다.

통계처리

본 시험에서 얻은 결과들은 SAS(Statistical analysis system) package program(1999)을 이용하여 Duncan 다중검정으로 5% 수준에서 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

팽이버섯수확전배지와수확후배지및사일리지용청예수수의 화학적 조성

팽이버섯 수확전배지와 수확후배지, 사일리지용 청예수수의 화학적 조성은 Table 1에 나타내었다. 팽이버섯 수확전배지와 수확후배지의 조단백질 함량은 변화가 없었으나 조지방 함량은 감소하였고 건물과 조섬유, 조회분 및 Ca과 P는 증가하는 경향을 나타내었다. 조단백질 함량에 변화가 없는 것은 버섯수확후배지에 남아있는 버섯균사체에 의해 조단백질이 보충되었기 때문이며 버섯수확후배지의 조지방 함량이 버섯수

확전배지보다 현저히 감소한 것은 미강에 함유되어 있는 조지방 성분들이 버섯성장에 많이 이용되었기 때문으로 사료된다. 버섯수확후배지에서 건물함량이 증가한 것은 버섯재배 시 적정 수분유지를 위한 관리에서 벗어나 탈병과정 등을 통한 수분 증발이 원인이며 조섬유, 조회분 및 Ca과 P의 증가는 배지의 가용성 유기물이 버섯재배 과정 중 버섯균사체에 의해 이용되었기 때문이다.

총체사일리지 원료로 사용된 청예수수의 수분과 조단백질 함량은 각각 83.8%와 9.3%였으며 에너지 공급원으로 사용된 팽이버섯 수확후배지의 수분 및 조단백질 함량은 각각 54.3%와 10.9%였다. 농촌진흥청의 한국표준사료성분표(1988)에 의하

Table 1. Chemical compositions of mushroom substrate and sorghum forage

Items (DM, %)	Mushroom substrate		Sorghum forage
	Before cultivation	After cultivation	
Dry matter	36.12	45.71	16.47
Crude protein	10.49	10.85	9.30
Ether extract	10.30	5.47	2.82
Crude fiber	21.12	26.41	30.54
Crue ash	10.05	12.78	9.68
Neutral detergent fiber	-	-	78.30
Acid detergent fiber	-	-	39.98
Calcium	1.66	2.12	0.41
Phosphorus	1.30	1.58	0.23

Table 2. Chemical composition and pH of whole crop sorghum silage by fermentation period and supplementation level of spent mushroom substrates

Period ¹⁾	Treatment	Chemical composition ²⁾ (DM, %)							pH
		DM	CP	EE	Ash	NDF	ADF	TDN	
0 week	S-20	20.71	7.81	3.52 ^b	9.49	57.51	37.19	64.67	4.60 ^a
	S-40	33.05	9.02	4.08 ^b	12.69	59.32	35.08	65.32	5.03 ^a
	S-60	27.71	8.37	3.76 ^b	10.61	56.75	35.85	65.09	4.82 ^a
3 week	S-20	22.44	8.91	8.62 ^a	11.74	64.65	38.20	64.36	4.42 ^b
	S-40	27.07	9.16	9.81 ^a	13.25	61.38	39.01	64.11	4.24 ^b
	S-60	33.98	9.46	9.28 ^a	13.13	65.33	37.41	64.60	4.24 ^b
6 week	S-20	22.24	8.86	8.50 ^a	12.16	55.08	38.35	64.31	4.37 ^b
	S-40	28.23	9.23	8.22 ^a	13.37	55.94	38.52	64.26	4.26 ^b
	S-60	31.95	9.02	8.50 ^a	13.66	58.59	39.85	63.85	4.35 ^b
9 week	S-20	21.72	9.72	9.13 ^a	12.71	61.01	30.27	66.81	4.41 ^b
	S-40	28.22	8.92	9.89 ^a	12.81	57.28	41.61	63.31	4.29 ^b
	S-60	33.93	9.19	9.18 ^a	12.87	59.35	35.42	65.22	4.35 ^b

¹⁾ Fermentation period of sorghum silage.

²⁾ DM, dry matter ; CP, crude protein; EE, ether extracts; NDF, neutral detergent fiber; ADF, acid detergent fiber; TDN, total digestible nutrients=4.898+(89.796X(0.7936-(0.00344XADF%))).

a,bMeans with different superscript in the same column are significantly differ(P<0.05).

면 출수기 수수의 영양소 함량은 수분 78.6%, 조단백질 8.88%, 조지방 2.8%, 조섬유 33.64%으로 본 시험에 사용된 수수의 함량과 약간의 차이가 있었는데 이것은 본 시험에 사용된 수수의 예취시기(8월 중순)가 정상 출수기(8월 말)보다 약간 빨랐기 때문인 것으로 사료된다. TDN값(69%)이 높아서 일반적으로 많이 이용되고 있는 황숙기 사일리지용 옥수수의 수분함량은 66.7%, 조단백질 8.2%, NDF 48.5%, ADF 27.8% (김 등, 1997)로서 NDF와 ADF함량이 본 시험에 사용된 수수보다 현저히 낮은 수준이었으나 hemicellulose 함량(NDF-ADF)은 약 21% 수준으로 본 시험과 비슷하였다.

팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수 사일리지의 화학적 조성

신 등(1975)의 보고에 의하면 총체사일리지의 적정수분 함량은 65~70%이며 사일리지 재료의 수분함량이 높으면 미생물에 의한 불필요한 발효가 증가되고 유기산 생성과 건물 손실률이 약 6~9% 증가될 수 있다(Crookston 등, 1987). 또한, 낙산균이 많이 번식하여 낙산(butyric acid)과 암모니아태 질소를 많이 생성시켜 사일리지의 품질도 떨어진다. 그러나 수분함량이 낮으면 답압이 충분하게 되지 않음으로써 혐기상태의 유지가 어려워져서 유산발효는 억제되고 호기성 효모나 곰팡이가 번식하여 발효온도가 상승한다. 발효온도가 상승하면 건물 손실률이 증가하고 단백질 소화율이 감소하여 사료가치가 떨어지게 되므로 물을 첨가하여 사일리지 재료의 수분함량을 적절한 수준으로 조절해야 한다(Manyawu 등, 2003). 본 실험에서는 상대적으로 수분함량이 높은 수수(83.8%)와 수분함량이 낮은 팽이버섯 수확후배지(54.3%)를 혼합하여 수분함량을 조절하였다. 팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수 사일리지는 원물기준으로 20%(S-20), 40%(S-40), 60%(S-60)의 버섯 수확후배지를 첨가하여 제조하였으며 발효기간 동안 평균 수분함량은 각각 78%, 71%, 68%였고 S-20구의 수분함량이 정상적인 수준보다 높게 나타났다(Table 2).

팽이버섯 수확후배지의 첨가 수준별 수수사일리지의 조단백질 함량은 7.8~9.5%였으며 조지방 함량은 사일리지 충전 직후(0주)에는 3.5~4.1%였으나 저장 발효(3~9주)되면서 8.2~9.9%까지 증가하였는데(Table 2) 이것은 사일리지 내에서 미생물 발효가 일어나 미생물 수가 증가하고 ether 용매로 추출될 수 있는 물질이 많이 생성되었기 때문이다. Ether-용매에 추출될 수 있는 물질은 중성지방뿐만 아니라 유리지방산, chlorophyll, carotenoid 등의 색소와 wax, alkaloid, 지용성 비타민, lecithin 등이다(맹 등, 1987).

NDF와 ADF 함량은 각각 55.1~65.3%와 30.3~41.6%로서 최저와 최고 수준이 각각 약 10% 이상 차이가 있었으나 버섯수확후배지의 첨가수준과 발효기간에 따른 유의차는 나타나지 않았다(Table 2). ADF는 난용성 섬유소로서 사료적 가치나 발효의

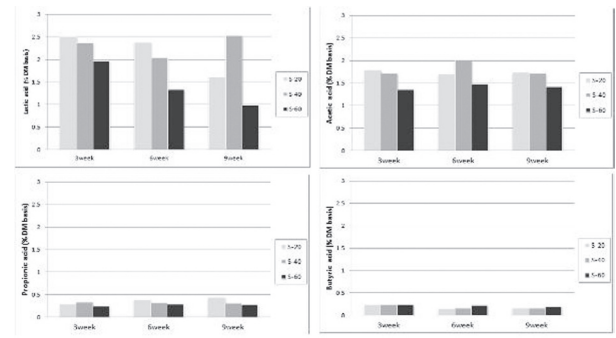


Fig 1. Organic acid concentrations of the sorghum silage by fermentation period and supplementation level of spent mushroom substrates.

측면에서 낮을수록 유리하며 ADF는 소화율과 밀접한 관계가 있으므로 반추동물 사초에 있어서 가소화 건물함량이나 TDN 추정식에 적용되기도 한다(김 등, 2009). Hemicellulose(NDF-ADF) 함량은 6주 동안 발효시킨 사일리지구에서 낮은 편이었으며 평균 22%였고 TDN 추정치는 평균 64.7%로써 김 등(1997)의 황숙기 옥수수 사일리지(69%)보다 낮았다.

팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수 사일리지의 pH 변화

팽이버섯 수확후배지 첨가수준에 따른 수수 사일리지의 pH는 Table 2에 나타낸 바와 같이 4.24~5.03 범위로서 사일리지 충전 직후(0주)에서는 높았으나 저장 발효되면서(3주) 일정한 수준으로 유지되었다. 팽이버섯 수확후배지 첨가비율에 따른 수수 사일리지의 pH는 신속한 유산발효를 유도하기 위하여 사일리지 제조 시 0.2% 개미산(formic acid)을 첨가함으로써 사일리지 충전 직후(0주)의 pH는 평균 4.81이었고 충진 직후를 제외한 수수사일리지의 pH는 평균 4.33이었으며 S-40구에서 발효에 의한 pH 감소폭이 가장 큰 편이었다.

사일리지 제조에 있어서 발효과정은 5단계로 나뉘며 1단계(충진 직후~3일)에서는 사일로 내부에 남아 있는 산소를 이용하여 재료가 호흡을 하기 때문에 온도가 상승하고 당이 분해되어 탄산가스와 물이 생성된다. 2단계(충진 후 4일~10일)에서는 사일로 내부가 거의 혐기상태로 되어 호기성 세균의 증식은 억제되고 유산균이 재료 중의 당을 이용하여 증식됨으로써 유산생성이 많아져서 pH는 4.1~4.3으로 저하된다. 3단계(충진 후 14~25일)에서는 사일로 내부가 완전한 혐기상태가 되며 산의 급속한 생성으로 pH가 저하(4.2이하로 유지)되어 안정된 상태를 유지한다. 4단계(충진 후 30일)에서는 사일리지 제조에 양호한 조건일 경우에는 3단계의 안정상태가 유지되나 불량한 조건일 경우에는 유산 생성량이 부족하여 pH가 4.2이하로 되지 않고 낙산균이 증식되며 단백질과 아미노산이 암모니아와 아민으로 변화하여 사일리지 품질이 크게 저하된다. 5단계(사일로 개봉 후)에서는 사일로가 개봉된 후 공기와 접촉

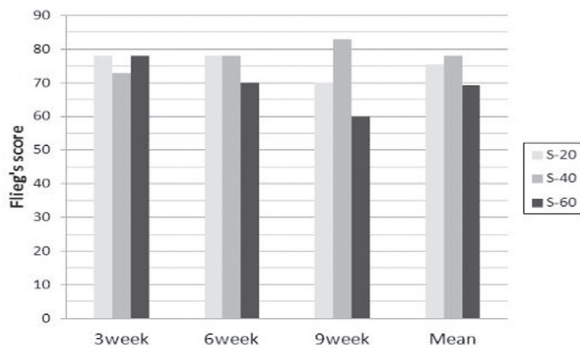


Fig 2. Flieg's scores of the sorghum silage by fermentation period and supplementation level of spent mushroom substrates.

하게 되면 호기적 변패가 일어날 수 있다(한 등 1995). 이상과 같은 일반적인 사일리지와 본 시험에서의 발효단계별 발효양상을 발효양상의 주요한 지표가 되는 pH 변화로 비교해 보면 1단계(0주) 4.69~5.0에서 3단계(3주) 4.24~4.42, 4단계(6주) 4.26~4.37을 나타내므로 2단계 이후에 S-20 처리구에서 pH가 약간 높았던 것을 제외하고는 대체로 이상적인 발효가 일어났다고 볼 수 있다. 최와 송 등(2011)은 수수×수수 교잡종으로 사일리지 제조 시 젖산균 접종유무와 저장형태(소포장, 톤백)에 따른 효과시험에서 출수기 수수 사일리지의 pH는 젖산균 접종 여부에 관계없이 4.3~4.4이었다고 보고하였으며 완숙기 수수 사일리지의 pH는 3.8~3.9까지 떨어져서 수확시기가 늦어짐에 따라 안정된 유산발효가 일어난다고 보고하였다. 사일리지의 발효와 품질은 사일리지 제조 시 적절한 수분함량을 유지하는 것이 매우 중요하므로 재료의 예건이나 물을 첨가하여 제조한 사일리지의 품질과 pH의 연관성에 관한 연구가 많이 실시되어 왔다(임 등, 2009; 송 등, 2009; 김 등, 2006; Manyawu 등, 2003; 김 등 1996). 특히, 김 등 (2009)은 수분이 과다할 경우 사일리지의 pH상승으로 품질과 가축의 기호성을 감소시켜 섭취량을 떨어뜨리는 요인이 된다고 하였는데 본 시험에서도 유의성은 없었지만 수분함량이 높았던 S-20 처리구에서 pH가 높은 경향을 나타내었다. 따라서 사일리지의 pH 변화는 사료작물의 초종과 사일리지 제조 시 건물함량에 따라 변하므로 예취 시 수분함량을 고려해서 수확시기를 결정해야 할 것으로 사료된다.

팽이버섯 수확후배지를 첨가한 수수 사일리지의 유기산 함량과 Flieg's score

팽이버섯 수확후배지의 첨가수준과 발효기간별 수수 사일리지의 유기산 함량은 유산(lactic acid), 초산(acetic acid), 프로피온산(propionic acid), 낙산(butyric acid) 순이었으며 유산을 제외하고는 저장기간에 따른 함량변화는 없었다. 수수 사일리지의 유기산 함량은 건물기준으로 0.98~2.52%였고 S-40

구에서 높은 편이었으며 S-20구와 S-60구에서는 발효기간(3~9주)이 길어짐에 따라 감소하는 경향이였다. 특히, 팽이버섯 수확후배지의 첨가비율이 가장 높았던 S-60구에서는 유산 함량이 상대적으로 낮았고 미미하지만 낙산함량이 약간 높았는데 이것은 사일리지의 품질이 저하됨을 의미하고 있다. 초산과 프로피온산 함량은 발효일수 경과에 따른 영향은 없었고 타 처리구에 비해 S-60구에서 낮은 편이었다(Fig. 1).

유기산 함량은 사일리지의 품질을 결정하는 중요한 요인으로서 초산 함량 중 유산의 비율은 높고 낙산의 비율은 낮은 것이 좋다. 낙산은 약산으로서 낙산균의 증식에 의해서 암모니아가 생성되기 때문에 낙산발효가 일어나면 pH가 높아진다. 반면에 유산은 비교적 강한 산으로 유산발효가 진행되면 pH는 낮아진다(한 등, 1995). 이러한 결과로부터 pH는 사일리지의 품질을 판단하는 기준이 되며 고, 중수분의 사일리지의 경우 pH 4.2이하의 양질, 4.2~4.5는 중간 정도, 4.5 이상은 품질이 나쁜 것으로 판단된다(Zimmer, 1971). 일반적으로 유산함량이 많으면 양질의 사일리지라 되지만 과다할 경우 섭취량에 나쁜 영향을 끼칠 수 있다. 양질의 사일리지 경우 유산함량은 일반적으로 1.5~2.5%이지만 저수분 사일리지나 화학 첨가제를 이용한 경우 이 범위에 속하지 않는 경우도 있다(고, 1999). 낙산 함량은 불량한 발효를 나타내는 기준이 되며 낙산함량이 0.1%이하의 우수, 0.1~0.2%는 양호, 0.3~0.4%는 보통, 0.4% 이상은 불량으로 구분한다(한 등, 1983). 본 시험에서 제조된 수수사일리지의 pH는 보통의 수준이었으나 유산함량은 S-60구를 제외하고 대체로 일반적인 범위에 있었고 낙산함량은 우수한 범위에 속하였다. Hart(1990)는 사일리지 제조를 위해 출수기 수수(Hetero-yellow grain sorghum)의 예취 높이(12, 40, 65cm)를 달리함으로써 수수알곡의 첨가비율 변화에 따른 영양적 가치 평가시험에서 사일리지의 pH는 4.21~4.32, 유산은 건물기준으로 2.6~3.7%, 초산 0.6~1.31, 낙산은 0.01% 미만이라고 보고하였으며 본 시험의 결과와 비슷한 수준이었다. 최와 송(2011)은 출수기 수수×수수 사일리지 제조 시 옥수수 사일리지용 젖산균을 첨가하였을 때 pH는 4.4이며 유산 함량은 건물기준으로 5.84~9.63, 낙산은 검출되지 않아 Flieg's score가 100점에 달하였고 수수×수수 교잡종을 이용하여 사일리지로 활용할 경우 젖산균의 첨가는 사료가치에 영향을 주지는 않았지만 개봉 시 2차 발효 예방 및 사일리지 품질 유지면에서 매우 중요하기 때문에 반드시 젖산균을 첨가해야 한다고 보고하였다.

이러한 결과들로부터 사일리지 품질평가 기준인 Flieg's score를 산출해 보면 Fig. 2에서 보는 바와 같다. Flieg's score는 사일리지 발효에 의하여 생성되는 유산, 초산 및 낙산에 대하여 각각 총산에 대한 mole 비율을 산출하여 유산의 비율이 높을수록 양질이고 낙산의 비율은 높을수록 저질이며 초산과 프로피온산은 어느 수준 이상이면 품질이 좋지 못한 것으로 판단

한다. Flieg's score는 이러한 유기산들의 총산에 대한 mole비율에 따라 정해진 점수를 합산하여 81~100점은 우수, 61~80점은 양호, 41~60점은 보통, 21~40점은 미흡 그리고 0~20점은 불량으로 등급을 나눈다(한 등, 1983). 팽이버섯 수확후 배지를 첨가한 수수 사일리지의 Flieg's score는 60~83점이었으며 9주 동안 발효시킨 S-40구에서 가장 Flieg's score가 가장 높았고 9주 동안 발효시킨 S-60구의 Flieg's score가 가장 낮았다. 따라서 9주 동안 발효시킨 S-40구의 수수사일리지 품질이 가장 우수하였고 9주 동안 발효시킨 S-60에서 품질이 가장 나쁜 사일리지로 제조되었다. 발효기간에 따른 Flieg's score는 S-40구에서는 발효기간이 길어질수록 품질이 좋아졌으나 S-20구와 S-60구에서는 발효기간이 길어질수록 품질이 나빠졌다.

이상의 결과들을 종합해 볼 때 수수 사일리지 제조 시 에너지 공급원으로 팽이버섯 수확후배지의 적정 첨가비율은 원물기준으로 40%정도이며 발효기간은 9주 정도인 것으로 판단된다.

적 요

본 연구는 팽이버섯 수확후배지를 효율적으로 이용하기 위하여 출수기의 수수 총체사일리지 제조 시 에너지원으로 사용하고자 수행되었다. 팽이버섯 수확 후 배지의 첨가비율은 원물기준으로 20%, 40% 및 60%로 하고 사일리지 발효기간을 0, 3, 6 및 9주로 하여 총 12처리를 두었으며 각 처리 당 3반복으로 비닐이 내장된 플라스틱 통에 제조하였다. 수수 사일리지 제조 시 팽이버섯 수확후배지의 첨가수준과 발효기간에 따른 발효특성과 사료적 가치를 평가한 결과는 다음과 같다. 사일리지 원료인 출수기 수수와 팽이버섯 수확후배지의 수분함량은 각각 83.8%와 54.3%였으며 팽이버섯 수확후배지를 20%(S-20), 40%(S-40), 60%(S-60) 첨가한 수수 사일리지의 수분함량은 각각 78%, 71%, 68%였고 S-20의 수분함량이 일반적인 수준보다 높았다. 팽이버섯 수확후배지 첨가 사일리지의 조지방 함량은 사일리지 증진 직후(0주)에 비해 저장 발효하는 동안 약 2배 이상 증가하였다($P < 0.05$). 팽이버섯 수확후배지 첨가비율에 따른 수수 사일리지의 pH는 평균 4.33수준이었으며 S-40구가 발효에 의한 pH의 감소폭이 큰 편이었다. 사일리지의 유산 함량은 S-40구에서 높은 편이었고 타 처리구에서는 저장기간이 길어짐에 따라 감소하는 경향이었으며 초산과 프로피온산 함량은 처리구와 발효기간에 따른 영향이 없었다. 사일리지 품질평가 기준으로 사용되고 있는 Flieg's score는 60~83점이었고 9주 동안 발효시킨 S-60구의 품질이 상대적으로 나빴던 반면 9주 동안 발효시킨 S-40구에서 우수한 사일리지로 제조되었다. 이상의 결과들을 종합해 볼 때, 수수 사일리지의

에너지 공급원으로서 팽이버섯 수확후배지의 적정 첨가비율은 원물기준으로 40%정도인 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 2011년 농촌진흥청 공동연구사업(과제번호 : PJ007474)에 의하여 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

참고문헌

- 고영두. 1999. 반추가축을 위한 사일리지 제조 전략. 설송고영두 박사학위논문. 서편찬위원회, pp. 135-139.
- 김동암, 최기춘, 신정남, 김종근, 신동은, 김원호, 김종관. 1997. 사일리지용 옥수수의 생육특성과 수량. 한초지. 18(1) : 1-10.
- 김정갑, 진현주, 신재순, 정의수, 한민수. 1996. 봄 재배 연백의 silage 제조 이용시 예건 및 formic acid 처리에 의한 품질개선 효과. 한초지. 16(2) : 155-160.
- 김종근, 정의수, 서성, 함준상, 김맹중, 이종경. 2006. 예건기간이 라운드베일 목초 사일리지의 품질에 미치는 영향. 한초지. 26(1) : 39-44.
- 김종덕, 권찬호, 김종근, 김창현, 노환국, 윤영만, 이종경. 2009. 조사료생산 및 이용. 신광종합출판사, pp. 96.
- 농림수산식품부a. 2010. 2010년 조사료대책 추진 관련 협의회, pp. 24.
- 농림수산식품부b. 2010. 2009 특용작물생산실적, pp. 50-53.
- 농촌진흥청. 1988. 한국표준사료성분표, pp. 88.
- 맹원재, 윤광로, 신형태, 김대진. 1987. 수경정보 사료분석실험. 선진문화사, pp. 139.
- 송태화, 한옥규, 윤성근, 박태일, 김경훈, 김기중. 2009. 청보리의 수확시기별 예건시간에 따른 수분과 사일리지 품질변화. 한국국제농업개발학회지. 21(4) : 316-321.
- 신정남. 1975. 예건이 grass silage의 품질에 미치는 영향. 한초지. 17(5) : 539-548.
- 임현진, 김종덕, 이현진, 전경협, 양가영, 권찬호, 윤세형. 2009. 예건이 수수×수단그라스 교잡종 유기 사일리지의 품질에 미치는 영향 한국유기농업학회지. 17(4) : 519-527.
- 지희정, 이상훈, 윤세형, 권오도, 최기춘, 김원호, 김기용, 임영철. 2010a. 남부지역 논에서 수수류 품종의 생육특성, 생산성 및 품질 비교. 한초지. 30(2) : 97-193.
- 지희정, 이상훈, 윤세형, 김원호, 임영철. 2010b. 중부지역 논

- 에서 수수류 품종의 생육특성, 생산 성 및 품질 비교. 한초지, 30(1) : 1-8.
- 축산기술연구소, 2004. 축산기술연구소 2004년도 보고서. 논에서 벼 대체 사료작물 우수품종 선발.
- 최기춘, 송채은. 2011. 수확시기 및 사일리지 제조 방법에 따른 수수×수수 교잡종의 사료가치 및 품질에 미치는 영향. 한초지, 31(3) : 295-304.
- 한인규, 이영철, 정근기, 김영길, 안병홍, 명규호, 고태송. 1983. 영양학실험법. 동명사, pp. 143-150.
- 한인규, 이택원, 고영두, 윤재인, 박경규. 1995 개정 사료학 선진문화사, pp. 292-333.
- 한정대, 윤익석. 1978. Silage 품질에 영향을 미치는 각종 용인의 평가. 한국초지연구회보, 1 : 18-28.
- AOAC. 1995. Official methods of analysis 16th edition. Association of official analytical chemists, Washington, D.C., U.S.A
- Crookston, R. K. and James, E. K. 1987. Using the kernel milk line to determine when to harvest corn for silage. Proceedings of the 12th Annual Minnesota Forage Day. Minnesota Forage and Grassland Council, pp 44-47.
- Ehrlich, G. G., Goerlitz, D. F., Bourell, J. H., Eisen, G. V. and Godsy, E. M. 1981. Liquid chromatographic procedure for fermentation product analysis in the identification of anaerobic bacteria. Appl. Environ. Microbial. 33 : 955.
- Goering, H. K., and Van Soest, P. J. 1970. Forage fiber analysis (apparatus, reagent, procedure and some application). Agric. Handbook, pp. 379. USDA, Washington D.C.
- Hart, S. P. Effects of altering the grain content of sorghum silage on its nutritive value. 1990. J. Anim. Sci. 68 : 3832-3842.
- Manyawu, G. J., Sobanda, S., Mutisi, C., Chakoma, I. C. and Ndiweni, P. N. 2003. Effect of prewilting and incorporation of maize meal on the fermentation of bana grass silage. Asian-Aust. J. Anim. Sci. 16(6) : 843-851.
- SAS. 1999. SAS/STAT guide for personal computers @8.01, SAS Inst., Gary., NC., USA.
- Zimmer, E. 1971. Factors affecting fermentation in silo. technical papers presented at international silage research conference. National Silo Association. INC. pp 58-78.