

## 맥아근 첨가와 가공처리방법이 육계분 발효물의 반추동물 사료영양적 특성에 미치는 영향

곽완섭 · 정근기\*

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 축산학전공

## Effects of Barley Malt Sprouts Addition and Processing Methods on Ruminant Feed and Nutritional Properties of Broiler Litter

Kwak, W. S. and Jung, K. K.\*

Animal Science, School of Life Resource and Environmental Science, College of Natural  
Sciences, Konkuk University, Danwol-dong 322, Chung-Ju, Chung-Buk, Korea 380-701

### Summary

This study was conducted to determine effects of and a proper level of barley malt sprouts(BMS) addition as well as to develop an effective fermentation method when broiler litter(BL) was ensiled or deepstacked with 0 to 10% levels of BMS. Mixtures were ensiled or deepstacked for one month and physico-chemical analyses were made between before and after treatments. Addition of BMS up to 10% enhanced nutritional quality of either of ensiled or deepstacked BL mixtures. Especially, the quantity and quality of protein were improved with the addition of BMS to BL. However, the still high pH values after ensiling of various mixtures indicated that anaerobic fermentation did not effectively occur with the addition of up to 10% of BMS to BL and consideration of fermentation aids appeared to be necessary. For deepstacking, addition of BMS to BL increased internal peak temperature(from 56 to 70°C) of the stack, indicating that the added BMS to BL stimulated the degradative activity of fermentative microorganisms. The deepstacking method was more effective than the ensiling method for the manufacture of hygienical feed mixture with BL and BMS.

(Key words : Broiler litter, Malt sprouts, Ensiling, Deepstacking, Feed)

---

본 연구는 농림부 기획연구 지원에 의해 수행되었음.

\* 영남대학교 자연자원대학 생물자원학부 동물생명과학전공(Dept. of Animal and Life Science, College of Natural Resources, Yeungnam University, Kyung-San, Kyung-Buk, Korea)

Corresponding author : Dr. W. S. Kwak, School of Life Resources and Environmental Sciences, College of Natural Sciences, Konkuk University, Chung-Ju, Chung-Buk, 380-701, Korea. Tel) 82-43-840-3521, Fax) 82-43-851-8675, e-mail: wsk@kku.ac.kr

## 서 론

우리나라는 사료자원이 부족하여 가축에게 급여하는 총 사료량의 75% 이상, 사료 곡물의 경우 98%를 외국 수입에 의존하고 있고, 더욱이 환율 인상으로 인해 국제 사료 곡물가의 상승으로 어려움은 가중되어 있는 상태이다. 따라서 축산물 전면 수입 개방에 대처하여 국내에서 생산되는 축산물의 국제 경쟁력을 고취시키기 위해서는 축산물 생산비의 50~70%를 차지하는 사료비를 여하히 절감시키는 것이 중요하며 이를 위해서는 값싼 부존 사료 자원의 자체 개발은 필수적 사안이 되고 있다.

이에 대한 가장 실현가능한 대안 중의 하나는 유기성폐기물의 가축 사료화이다. 일반적으로 유기성폐기물은 산업폐기물과 달리 중금속의 오염이 거의 없고 유기영양소의 함량이 많아 가축사료로서의 이용가능성이 매우 높다. 육계분은 농가에서 배출될 때 왕겨 또는 벧짚 등의 깔개(수분흡수제), 일부 사료 등이 섞여있기 때문에 함수율이 난계분 보다 낮아 취급이 용이하고, 축분 중에서 사료영양적 가치가 가장 높다(Bhattacharya와 Fontenot, 1965).

외국의 경우, 육계분 건조사료 또는 발효사료가 산업적으로 실용화 되어왔고, 전 세계적으로 미국, 유럽의 여러 나라, 이스라엘, 일본, 동남아시아 각국에서 생산비 절감을 위해 널리 이용되고 있다. 그러나 우리나라 육계분은 외국의 것과 물성이 달라 우리 실정에 맞는 독자적인 사료화 개발 노력이 필연적으로 요구되어 왔다. 우리나라 육계분은 고 단백질, 고 광물질 조사료 원으로서의 특징이 있으며, 단점으로는 외국 것보다 높은 수분 함량과 낮은 에너지 가를 들 수 있다(곽 등, 1999). 육계분은 단독으로도 발효되어 사료로 이용되나, 육계분에 보리부산물(곽과 박, 1999), 당밀(곽과 박, 2003)과 같은 적

절한 첨가제를 혼합하면 발효사료의 사료적 가치를 향상시킬 수 있다. 육계분의 발효 시험기발효법과 퇴적발효법은 경제적이며 실용적인 방법인 것으로 잘 알려져 있다.

맥아근은 대맥으로부터 맥아를 만들 때 발아 초기에 자라는 뿌리를 제거하여 얻어지는 것으로, 맥주 제조 공정에서 부수적으로 발생하는 부산물이다. 우리나라의 연간 발생량은 1,400~2,200톤 정도로서 생산량은 공장 가동율에 의해 크게 좌우된다. 맥주공장에서 나오는 부산물로서 맥주박의 반추동물 사료화에 대한 연구는 많이 이루어졌으나(지 등, 1992; West et al., 1994; Cozzi와 Polan, 1994; Younker et al., 1998) 맥아근에 대한 과학적 연구는 매우 제한적이다. 맥아근은 단백질 함량, 가소화 단백질 함량, 조섬유 함량과 가소화 조섬유 함량이 우수하여 반추가축 사료로서 유용성이 높다(한, 1970; 장 등, 1996a). 맥아근에는 amylase, maltase, protease, phosphatase 등의 다양한 분해효소를 함유하고 있어서 동물 급여 시 소화가 촉진되어 사료의 이용효율을 높이고, 분뇨에 뿌리면 악취 제거 및 함수율 감소로 파리 발생이 감소되며, 또한 영양원으로 작용하여 가축의 성장이 촉진된다(이은호, 1990). 결과적으로 육계분에 맥아근을 첨가함으로써 보다 긍정적인 결과가 유도될 것으로 가정되었다.

따라서 본 연구는 육계분의 혐기 또는 퇴적 발효 시 발효에 따른 물리화학적 성분 변화를 추적하여 맥아근의 첨가 효과 및 적정 첨가 수준을 도출하고, 아울러 효과적인 발효 방법을 제시하고자 실시되었다.

## 재료 및 방법

### 1. 발효 사료 제조

가. 육계분과 맥아근 혼합물의 small-silo study

곽완섭과 정단기 : 맥아근 첨가와 가공처리방법이 육계분 발효물의 반추동물 사료영양적 특성에 미치는 영향

육계분을 직경 1 cm의 체로 선별(screening)하여 덩어리를 제거한 다음 맥아근(barley malt sprouts, BMS; 전주 Hite 맥주 제품)을 0%(100% BL구), 2.5%(97.5% BL-2.5% BMS구), 5%(95% BL-5% BMS구), 7.5%(92.5% BL-7.5% BMS구), 10%(90% BL-10% BMS구) 수준(건물 기준)에서 혼합기(Atika, Italia)를 이용하여 철저히 혼합하여 두 겹의 비닐로 채워진 2 kg 들이 용기 내에 밀봉하여 한 달 간 혐기 발효시켰다. 처리구 당 5 반복으로 실시되었다.

#### 나. 육계분-맥아근 혼합물의 중규모 퇴적 발효 실험

육계분을 체경 1 cm 크기의 체를 이용하여 선별(screening)하면서 덩어리를 제거한 다음 맥아근을 0%(100% BL구), 5%(95% BL-5% BMS구), 10%(90% BL-10% BMS구) 수준(건물 기준)에서 혼합기(Atika, Italia)를 이용하여 철저히 혼합하여 가로, 세로, 높이 1.0 m × 1.0 m × 1.2 m 크기의 목재 시설물 3칸 내에 각각 1 m 높이로 퇴적시켜 윗면만 개방한 상태로 1개월간 자연 발효시켰다.

## 2. 시료 채취 및 화학 분석

실험 1의 small-silo study의 시료는 발효 전과 후에 각각 5반복으로 채취하였으며, 발효 후 발효물의 외관을 관찰 기록한 다음, 시료는 용기 개봉 시 발효물 중앙 부위에서 채취하여 바로 발효 성상의 지표로서 pH를 pH meter(HI 9321, Hanna Instrument, Portugal) 상에서 측정하였다. 나머지 시료는 비닐 백에 밀봉한 후 바로 -20℃ 냉동고에 보관하였다. 발효물 중량은 발효 전과 후로 나뉘어 측정되었다. 실험 2의 시료는 발효 전과 후

에 각각 6반복으로 채취하였으며, 발효 후 발효물의 외관을 관찰 기록한 다음, 시료는 퇴적물 중앙 부위 6곳에서 채취하여 비닐 백에 밀봉한 후 바로 -20℃ 냉동고에 보관하였다. 나중에 시료는 화학 분석을 위하여 냉장고에서 녹인 다음, 건물은 60℃ 건조 oven에서 48시간 건조한 후 측정하였고, 조단백질, 조지방, 조회분은 AOAC (1990) 방법에 따라 분석하였다. 특히 조단백질은 발효물의 풍건 상태에서 분석한 다음 건물 수치로 보정하여 계산하였다. Neutral detergent fiber (NDF), acid detergent fiber(ADF)는 Van Soest 등(1991)의 방법에 따라 분석하였다. 순단백질은 5% trichloroacetic acid 용액에서 침전되는 양으로, non-protein N(NPN)은 조단백질에서 순단백질을 뺀 양으로 구하였다. 발효 성상의 지표로서 pH는 pH meter(HI 9321, Hanna Instrument, Portugal) 상에서 측정하였다.

## 3. 통계 분석

모든 통계 분석은 Statistix7(2000)을 이용하여 실시하였다. 실험 1은 General Linear Model을 이용한 one way analysis of variance를 실시하였고, 100% 육계분(BL) 구의 발효 전과 후의 평균 간 비교는 studentized t-test를 이용하였으며, 발효물 평균들 간의 linear, quadratic 또는 cubic trend를 분석하기 위해 polynomial contrasts를 실시하였다. 실험 2는 General Linear Model을 이용한 one way analysis of variance를 실시하였고, 퇴적 발효 전과 후의 평균 간 비교 시 general contrast를 이용한 Scheffe's F test를 실시하였다. 퇴적 발효 전 또는 후의 혼합물 평균들 간의 linear, quadratic, 또는 cubic trend를 분석하기 위해 polynomial contrasts를 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 육계분과 맥아근 혼합물의 small-silo study

가. 사료원료의 일반 조성분

발효사료 제조에 이용된 육계분과 맥아근의 화학적 성분은 Table 1에 제시되어져 있다. 본 실험에 이용된 육계분은 함수율이 31% 정도였고, 예상보다 훨씬 높은 조회분 함량은 수거 시에 흙이 다소 포함되었음을 알 수 있게 하였다. 전반적인 영양적 특성상 육계분은 중 단백질, 고 광물질의 조사료 원에 속하였다.

Table 1. Chemical composition of feed ingredients<sup>1)</sup>

Item	Broiler litter	Barley malt sprouts
	..... % .....	
pH	8.8	6.1
Crude protein	16.1	33.5
True protein	33.9	52.0
NPN	66.1	48.3
ADF-CP	16.8	13.9
Neutral detergent fiber	49.6	58.9
Acid detergent fiber	31.9	21.1
Hemicellulose	17.7	37.8
Nonfibrous carbohydrate	0.1	0.3
Crude ash	33.5	6.8
Organic matter	66.5	93.2
Ether extract	0.7	0.5
Dry matter	68.7	95.2

<sup>1)</sup> On dry matter basis.

맥아근은 부피가 크고, 단백질 함량이 매우 높고, 섬유소 함량 또한 매우 높은 편이

었다. NRC(2001)에 제시된 수치와 비교하여 조단백질, ADF-CP와 NDF 함량은 상당히 높았고, ADF와 조회분 함량은 비슷하였으며, 조지방 함량은 낮았다. 외국 것과의 이러한 성분상의 차이는 이용되는 보리 원료의 성분과 맥아 제조 과정의 차이에 기인하는 것으로 추정되었다. 국내에서 발표된 맥아근의 성분과 비교하였을 때(장 등, 1996a) 조단백질과 조회분 함량은 비슷하였다.

나. 혐기발효물의 외관적 및 물리적 특성

발효물 개봉 시, 모든 처리구들의 표면에는 곰팡이가 없었고, 발효 내용물에서 분취가 사라졌다. 100% BL구는 암모니아취가 낮으며, 휘발성 지방산 특유의 발효취가 약간 낮았다. 색깔은 전체적으로 진한 갈색을 보였으며, 내용물 중 왕겨의 색깔은 최초의 노란색에서 갈색으로 변하였다. 97.5% BL-2.5% BMS구는 암모니아취가 100% BL구보다 덜 낮으며, 혼합된 맥아근은 노란색을 띄었다. 95% BL-5% BMS구는 맥아근 특유의 콩나물 뿌리에서와 같은 냄새가 났다. 이후 맥아근 혼합량이 늘어날수록(92.5% BL-7.5% BMS구, 90% BL-10% BMS구) 전체적으로 색깔은 진한 갈색 보다는 갈색을 띄었고, 암모니아취는 감소하였으며, 맥아근 특유의 냄새와 발효취가 증가하였다. 다른 유사 실험(곽과 박, 1999)에서도 육계분에 맥피 또는 맥강을 첨가하였을 때 후각상 육계분의 분취와 암모니아취가 줄어드는 경향이 있었다. 그리고 이(1990)도 축분에 맥아분말 또는 추출물을 살포함으로써 분뇨의 함수율이 낮아지고, 분해산물의 분해가 촉진되어 악취를 제거할 수 있다고 하였다. 그러나 pH는 발효 전과 비교해서 발효 후에 유의하게( $P < 0.05$ ) 감소하였고, 맥아근 첨가 수준 증가와 함께 감소하였으나( $P < 0.05$ ), 그 차이는 크지 않았다(Table 2). 이는 외관적 특성과는 별도로 혐기발효가

Table 2. Changes in chemical composition between before and after ensiling of broiler litter(BL) with or without barley malt sprouts(BMS)<sup>1,2)</sup>

	Before ensiling	After ensiling					SE
	100% BL 0% BMS	100% BL 0% BMS	97.5% BL 2.5% BMS	95% BL 5% BMS	92.5% BL 7.5% BMS	90% BL 10% BMS	
	..... % .....						
pH	8.76	8.04	8.09	7.90	7.84	7.91	0.1 <sup>a,b</sup>
Wet weight loss	0	0.96	0.98	1.01	1.17	1.15	0.07
Crude protein	16.4	16.7	16.9	17.7	18.2	17.8	0.2 <sup>b</sup>
True protein	36.5	32.7	31.7	34.5	36.0	37.6	1.2 <sup>a,b</sup>
NPN	63.5	67.3	68.3	65.5	64.0	62.4	1.2 <sup>a,b</sup>
ADF-CP	17.7	16.1	14.9	13.6	12.2	13.5	0.6 <sup>a,b</sup>
Neutral detergent fiber	50.0	50.9	49.6	51.3	48.6	49.3	1.1
Acid detergent fiber	33.8	35.9	32.3	33.1	31.6	30.9	1.1 <sup>b</sup>
Hemicellulose	16.2	15.0	17.3	18.2	17.5	18.1	1.4
Nonfibrous carbohydrate	-1.6	-1.4	-1.0	-1.7	0.8	0.4	1.7
Crude ash	34.2	32.8	32.9	31.6	30.3	31.3	1.0 <sup>b</sup>
Organic matter	65.8	67.2	67.1	68.4	69.7	68.7	1.0 <sup>b</sup>
Ether extract	1.2	1.0	1.4	1.1	1.6	1.2	0.1 <sup>b</sup>
Dry matter	69.1	68.1	68.6	68.9	69.4	71.0	0.3 <sup>b</sup>

<sup>1)</sup> Least squares means, n = 5.

<sup>2)</sup> On dry matter basis.

<sup>a)</sup> Before differs from after ensiling 100% BL (P < 0.01).

<sup>b)</sup> Among ensiled ones, polynomial contrasts showed a linear trend (P < 0.05).

효과적으로 일어나지 않았음을 의미한다. 비슷한 실험(곽, 1999)에서 고수분 육계분과 맥아근의 혼합비율이 74:26인 상태에서, 최종함수율이 40%이었을 때 발효 후 혼합물의 pH는 5.2 정도로 바람직스럽게 발효된 결과와는 매우 대조적이었다.

중량 감소는 발효에 의한 수분 및 영양소 손실을 의미하는 바, 발효 전과 발효 후의 발효물 중량을 측정된 결과, 맥아근 첨가량이 증가함에 따라 중량 감소치는 매우 낮은 수치이나 증가하는 추세였으나 통계적 유의성은 없었다(P > 0.05).

#### 다. 혐기발효물의 화학적 특성

전체적으로 발효물의 함수율은 평균 약 30% 수준, 조단백질 함량은 17~18%, NPN은 조단백질의 약 2/3 수준, ADF-CP는 조단백질의 12~16%, NDF는 약 50%, 조회분은 31% 정도의 수준을 보였다(Table 2).

100% BL구의 발효 전과 비교해서 발효 후에는 건물, 유기물, 조단백질, 조지방, 섬유소(ADF, NDF), 조회분 등의 유의적 차이는 나타나지 않았으나(P > 0.05), 순단백질 : NPN 비율은 감소하였고(P < 0.01), ADF-CP 함량은 감소하였다(P < 0.005). 조단백질 성분중 NPN

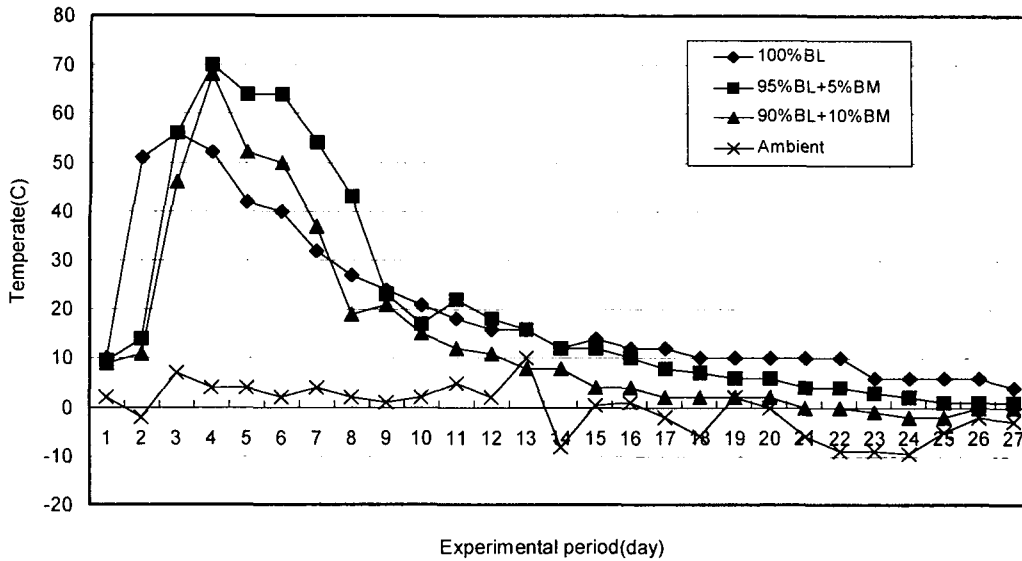


Fig. 1. Temperature change during deepstacking.

성분의 증가는 혐기발효 중 미생물에 의한 단백질 분해가 진행되었음을 의미한다.

발효물의 경우, 육계분에 맥아근 혼합 수준이 증가함에 따라 전반적으로 건물, 유기물, 조단백질, 순단백질, NPN, ADF-CP, 조지방, 섬유소, 조회분 성분들에 유의적 영향을 미쳤다( $P < 0.05$ ). Polynomial contrast를 통한 추세(trend)를 분석한 바, 건물( $P < 0.0001$ ), 조단백질( $P < 0.0001$ ), 순단백질( $P < 0.0001$ ), ADF-CP( $P < 0.0001$ ), 조지방( $P < 0.05$ ), ADF( $P < 0.0001$ ), 조회분( $P < 0.001$ ), pH( $P < 0.05$ ) 등에 있어서 직선적(linear) 유의성을 보였다. 즉 맥아근 혼합량이 증가함에 따라 건물, 조단백질, 순단백질, 조지방 함량은 직선으로 증가하였고, ADF-CP, ADF, 조회분, pH 등은 직선으로 감소하였다. 화학적 특성은 육계분에 맥아근 혼합량이 증가함에 따라 보다 양호하게 변화하였다. 특히 조지방은 육계분보다 맥아근이 낮았으나(Table 1), 혐기 발효와 함께 맥아근 첨가구들의 조지방 함량이 100% BL구 보다 증가한 것으로 보아서(Table 2) 알코올의 생

성량이 혐기 발효와 더불어 증가한 것으로 추정되었다. 육계분에 수분흡수제로서 맥아근을 첨가함에 따라 유기물과 조단백질 함량이 높아지는 것은 락(1999)의 연구에서도 일관되게 관찰되었다.

결과적으로 육계분에 맥아근 혼합량이 증가함에 따라 영양적 성상이 보다 양호하게 변화하였다.

## 2. 육계분-맥아근 혼합물의 증규모 퇴적 발효 실험

### 가. 발효 온도 변화

퇴적물의 온도 변화는 Fig. 1에 나타나 있다. 100% BL구는 퇴적 발효 3일째에 56°C로, 95% BL-5% BMS구와 90% BL-10% BMS구는 4일째에 각각 70°C와 68°C로 최고에 달한 다음 이 후 5일 동안 급격히, 나머지 기간 동안은 서서히 온도가 떨어졌다. 초반 퇴적물의 급격한 온도 하락은 추운 겨울철의 낮

곡완성과 정근기 : 맥아근 첨가와 가공처리방법이 육계분 발효물의 반추동물 사료영양적 특성에 미치는 영향

은 환경온도(-10℃에서 10℃ 수준)에 의하여 퇴적물의 높은 내부 온도가 쉬 식어지거나 또는 발효에 따른 미생물 활성화에 필요한 영양소의 결핍 현상 때문일 것으로 사료되었다. 퇴적물의 위생성 확보를 위해 50℃ 이상의 고온에서 유지되는 일수가 길수록 바람직하다(곽 등, 1999). 육계분에 맥아근을 혼합함에 따라 발효 전반기의 퇴적물 내부 최고 온도는 더 높아지는 현상이 뚜렷하였다. 전반적으로 퇴적물 내부 온도는 발효 19일째부터 환경온도에 근접하여 안정화되는 경향이 있었다. 맥아근 혼합 시 퇴적물의 더 높은 최

고온도(14℃ 차이)는 육계분에 맥아근을 첨가함에 따라 혼합물의 미생물 발효가 더욱 왕성하게 촉진되었음을 의미하는 것으로 사료되었다.

나. 퇴적 발효에 따른 발효물의 화학적 성분 변화

퇴적 발효에 따른 발효물의 화학적 성분 변화는 Table 3에 제시되어져 있다. 전반적으로 퇴적 발효물은 영양적 특성상 중 단백질(고 NPN), 고 광물질 조사료 원에 속하였다.

Table 3. Changes in chemical composition between before and after deepstacking of broiler litter(BL) with or without barley malt sprouts(BMS)<sup>1)</sup>

	Before deepstacking			After deepstacking			SE
	100% BL 0% BMS	95% BL 5% BMS	90% BL 10% BMS	100% BL 0% BMS	95% BL 5% BMS	90% BL 10% BMS	
	..... % .....						
pH	8.7	8.6	8.5	8.2	8.3	8.3	0.1 <sup>a</sup>
Crude protein	16.5	17.6	18.9	14.7	15.6	17.4	0.2 <sup>abc</sup>
True protein	36.5	36.0	41.2	40.5	40.1	41.8	1.7
NPN	63.5	64.0	58.8	59.5	59.9	58.2	1.7
ADF-CP	16.1	14.7	14.0	21.1	20.2	17.3	0.7 <sup>abc</sup>
Neutral detergent fiber	48.1	49.6	52.3	47.7	48.1	50.1	0.7 <sup>bc</sup>
Acid detergent fiber	35.0	32.7	33.9	33.6	34.9	32.5	1.4
Hemicellulose	13.1	17.5	18.3	13.6	13.2	17.6	1.4
Nonfibrous carbohydrate	0.1	-2.3	-2.9	1.0	2.5	-0.5	1.2
Crude ash	35.9	34.0	31.0	35.4	33.1	32.2	1.1 <sup>bc</sup>
Organic matter	64.8	66.0	69.1	64.6	66.9	67.8	1.0 <sup>bc</sup>
Ether extract	1.4	1.2	0.9	1.2	0.7	0.5	0.2 <sup>bc</sup>
Dry matter	69.1	69.5	70.1	77.0	77.1	76.8	0.2 <sup>ab</sup>

<sup>1)</sup> Least squares means, n = 6.

<sup>a</sup> Before ensiling differs from after ensiling (P < 0.05).

<sup>b</sup> Before deepstacking, polynomial contrasts showed a linear trend (P < 0.01).

<sup>c</sup> After deepstacking, polynomial contrasts showed a linear trend (P < 0.01).

퇴적 발효 전과 비교해서 발효 후에는 수분 증발로 인해 건물이 증가하였고 ( $P < 0.0001$ ), 비소화성 단백질인 ADF-CP 함량 또한 고온의 발효열에 의해 증가하였다( $P < 0.0001$ ). 조단백질은 예상된 생성 암모니아의 대기 중 손실로 인해 1~2% 범위 내에서 감소하였다 ( $P < 0.0001$ ), pH 또한 0.2~0.6 범위 내에서 감소하였다( $P < 0.0001$ ).

퇴적 처리 전에 육계분에 맥아근을 5% 또는 10% 첨가함에 따라서 건물 ( $P < 0.001$ ), 유기물( $P < 0.005$ ), 조단백질( $P < 0.0001$ ), NDF( $P < 0.0001$ ) 등은 직선으로 증가하는 추세(trend)를 보였고, ADF-CP( $P < 0.001$ ), 조지방( $P < 0.005$ ), 조회분( $P < 0.001$ ) 등은 직선으로 감소하는 추세를 보였다. 이는 육계분과 비교해서 맥아근은 건물, 유기물, 조단백질, NDF 등의 함량이 높고, ADF-CP, 조지방, 조회분 등의 함량이 낮은 사실에 연유하였다(Table 1).

퇴적 발효 후의 혼합물도 퇴적 발효 전과 같이 맥아근의 첨가량을 높여줌에 따라 유기물( $P < 0.01$ ), 조단백질( $P < 0.0001$ ), NDF( $P < 0.005$ ) 함량은 직선으로 증가하는 추세를 보였고, ADF-CP ( $P < 0.001$ ), 조지방( $P < 0.001$ ), 조회분( $P < 0.005$ ) 함량은 직선으로 감소하는 추세를 보였다. 즉 육계분에 맥아근을 혼합함에 따라 퇴적 발효물의 영양적 특성이 보다 양호해지는 것으로 나타났다. 이와 같이 양호해진 영양성은 발효미생물에 의한 영양소 분해 활동을 촉진시켜 퇴적물 내부의 최고온도를 상승시키는 결과를 초래한 것으로 사료되었다. 장 등(1996b)은 맥아근 단백질은 반추동물의 사료 단백질원으로서 대두박에 비견하는 체내 이용성을 보였다고 보고한 바 있다.

퇴적 발효 시에 발생된 혼합물의 조단백질 함량 감소(1.5~2% point)와 비소화성 단백질

인 ADF-CP 함량의 증가는 발효물의 영양 성분 보존 측면에서 퇴적발효법이 혐기발효법보다 약간 열등함을 나타내는 것이었다.

결론적으로 육계분의 퇴적 발효 시 맥아근을 최고 10% 수준까지 첨가함에 따라 퇴적 발효물의 영양적 성상은 바람직하게 향상되었으며, 이는 아마도 발효미생물에 의한 영양소 분해 작용을 촉진함으로써 발효온도 상승 결과를 초래한 것으로 판단되었다. 결과적으로 육계분에의 맥아근 첨가는 퇴적발효를 더욱 촉진시키는 것으로 사료되었다. 그리고 위생적 발효사료를 제조하기 위해서는 혐기발효법 보다는 퇴적발효법이 더 효과적이었다.

향후 육계분-맥아근 발효물의 동물 효능 실험이 요구된다.

## 결 론

육계분 발효 시 영양증진제로서 맥아근을 첨가할 때 혐기발효는 영양소 보존 측면에서 퇴적발효보다도 유리하였으나, 수분 및 비구 조성 탄수화물의 부족으로 발효가 더디게 진행되는 단점이 있었다. 바람직한 혐기발효를 위한 이의 보완 사항은 현장 여건과 실용성과 연계하여 고려하여야 할 것이다. 육계분-맥아근 퇴적발효법의 경우 발효 중에 발생하는 약간의 영양소 손실은 피할 수 없는 현상이나, 고온의 발효열로 인한 자연 살균을 통한 위생적 사료의 생산에 있어서는 매우 효과적인 것으로 사료되었다.

## 적 요

본 연구는 육계분의 혐기 또는 퇴적 발효 시 발효에 따른 물리화학적 성분 변화를 추적하여 맥아근의 첨가 효과 및 적정 첨가 수



준을 구명하고, 아울러 효과적인 발효 방법을 제시하고자 실시되었다. 육계분의 혐기 또는 퇴적 발효 시 맥아근을 최고 10%까지 첨가함에 따라 발효물의 영양적 성상(건물, 유기물, 조단백질, 조지방, ADF-CP 등)은 바람직하게 향상되었다. 특히 조단백질 성분은 양적, 질적으로 향상되었다. 그러나 혐기발효 후 여전히 매우 높은 pH는 혐기발효가 효과적으로 일어나지 못하였으며, 발효 촉진 방안의 고려가 필수적임을 시사하였다. 육계분의 퇴적 발효 시 5~10%의 맥아근 첨가는 발효물의 영양적 성상을 향상시켰고, 이는 아마도 발효미생물의 분해 활동을 촉진시킴으로서 퇴적발효 온도를 상승시키는 효과를 초래하였다. 이는 맥아근 첨가는 육계분의 퇴적발효를 더욱 촉진시키는 것으로 사료되었다. 또한 육계분에 맥아근을 첨가하여 위생적인 발효사료를 제조하고자 할 때 퇴적발효법은 혐기발효법 보다도 더 효과적인 것으로 권장되었다.

### 인 용 문 헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
2. Bhattacharya, A. N. and Fontenot, J. P. 1965. Utilization of different levels of poultry litter nitrogen by sheep. *J. Anim. Sci.* 24:1174.
3. Cozzi, G. and Polan, C. E. 1994. Corn gluten meal or dried brewers grains as partial replacement for soybean meal in the diet of Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 77: 825-834.
4. National Research Council. 2001. Nutrient Requirements of Dairy Cattle. 7th rev. ed. National Academy Press, Washington, D. C., USA.
5. Statistix7. 2000. User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.
6. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods of dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
7. West, J. W., Ely, L. O. and Martin, S. A. 1994. Wet brewers grains for lactating dairy cows during hot, humid weather. *J. Dairy Sci.* 77:196-204.
8. Younker, R. S., Winland, S. D., Firkins, J. L. and Hull, B. L. 1998. Effects of replacing forage fiber or nonfiber carbohydrates with dried brewers grains. *J. Dairy Sci.* 81:2645-2656.
9. 곽완섭. 1999. 사료용 고수분 육계분에의 수분흡수제 첨가시 합수율이 혐기발효 특성에 미치는 영향. *한국축산학회지.* 41 (5):537-544.
10. 곽완섭, 박종문. 1999. 사료용 선별 육계분의 혐기발효시 보리 부산물 첨가가 발효물의 물리·화학적 및 발효 성상에 미치는 영향. *한국낙농학회지.* 21(4):263-268.
11. 곽완섭, 박종문. 2003. 육계분 혐기 또는 퇴적 발효 사료 제조 시 당밀 첨가 및 펠렛화가 사료영양적 가치 및 사료 적응기의 한우 기호성 개선에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지.* 45(1):87-100.
12. 곽완섭, 허정원, 정동관. 1999. 현장규모로 제조된 육계분 발효사료의 일반적 특성 및 위생적 안전성 평가. *한국낙농학회지.* 21(4):269-278.
13. 이은호. 1990. 맥아를 이용한 분뇨의 악취 제거방법. 대한민국특허청 특허공보

- 90-3548.
14. 장인석, 김덕영, 정근기. 1996a. 맥아근의 가소화영양소, IN SITU 질소 분해율 및 펙신 소화율 결정에 관한 연구. 한국영양사료학회지. 20(4):355-359.
15. 장인석, 김덕영, 정근기. 1996b. 반추동물 사료내 단백질원으로서 맥아근이 기호성, 소화율, 질소축적율, 제 1위 및 혈액성상에 미치는 영향. 한국영양사료학회지. 20(4):347-354.
16. 지설하, 박창식, 김준식, 박상문, 하종규. 1992. 착유우의 볏짚사료위주 사육시 맥주부산물과 beet pulp 첨가에 관한 연구. 한국축산학회지. 34(5):278-287.
17. 한인규. 1970. 농후사료의 자원개발 및 활용증진을 위한 연구. 한국축산학회지. 12(1):41-50.