

# 육계분 혐기 또는 퇴적 발효 사료 제조 시 당밀 첨가 및 펠렛화가 사료영양적 가치 및 사료 적응기의 한우 기호성 개선에 미치는 영향

곽완섭·박종문

건국대학교 자연과학대학 생명자원환경과학부 축산학전공

## Effects of Molasses Addition and(or) Pelleting on Nutritional Characteristics of Broiler Litter Processed by Ensiling or Deepstacking and Palatability Improvement by ‘Hanwoo’ During the Adjustment Period

W. S. Kwak and J. M. Park

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

### ABSTRACT

This study was conducted in order to determine a proper level of molasses addition through the analysis of changes in appearance, nutritive and silage parameters before and after ensiling or deepstacking of broiler litter, to evaluate the effect of pelleting processed broiler litter and to develop methods to enhance palatability of broiler litter and reduce the adjustment period by ‘Hanwoo’ steers. Molasses addition was effective in ensiling and deepstacking of broiler litter and the proper addition level was about 5%. Changes in nutritive values of broiler litter by ensiling and deepstacking with or without molasses treatment were not great. Adding 5% molasses at deepstacking of broiler litter did not affect( $P<0.05$ ) *in vitro* digestion of dry matter and organic matter. Pelleting of broiler litter resulted in significant( $P<0.05$ ) moisture evaporation, organic matter reduction and nearly threefold increase of bulk density. Pelleting or molasses addition of broiler litter improved palatability by ‘Hanwoo’ steers and reduced the adjustment period by half(8~9 d).

(Key words : Broiler litter, Ensiling, Deepstacking, Feed, Molasses, Pelleting)

### I. 서 론

육계분 단독 발효사료는 오래 전부터 전세계적으로 값싼 번식·비육용 사료로서 이용되어져 왔다. 미국의 경우에는 육계분이 생산되는 최소한 22개 이상의 주에서 이용되어져 왔으며

“본 연구는 농림부 연구지원비에 의해 수행되었음.”

Corresponding author : Kwak, Wan-Sup, School of Life Resource and Environmental Science, College of Natural Sciences, Konkuk University, Danwoldong 322, Chung-Ju, Chung-Buk Province, 380-701, Korea. Tel : 82-43-840-3521, Fax : 82-43-851-8675, e-mail : wsk@kku.ac.kr

(Ruffin과 McCaskey, 1990b), 이스라엘에서는 모든 번식·비육우 농장에서 급여되고 있다(개인통신, Dr. Tagari). 우리나라에서도 최근 몇 년 사이에 번식·비육용 TMR 사료의 단미사료원으로 이용되고 있고, 현장 농가에서의 이용도 차츰 늘어나고 있는 추세이다.

육계분은 사료로의 이용 전에 발효 과정은 잔존 가능한 병원성 미생물을 완전 사멸시키기 위해서 반드시 필요하며, 경제적이고도 효과적인 방법으로서 혐기발효법(Caswell 등, 1978; Abdelmawla 등, 1988)과 퇴적발효법(Chester-Jones와 Fontenot, 1981)을 들 수 있다. 그러나 발효된 육계분은 섬유소 함량이 높아서 상대적으로 가스화에너지 함량이 낮은 단점(Fontenot와 Jurubescu, 1980; Ruffin과 McCaskey, 1990a)이 있어 이의 개선 노력이 요구되기도 한다.

육계분 단일 발효사료의 사료적 가치 증진과 발효 촉진 목적으로 당밀을 혼합하는 것은 효과적인 방법일 수 있다. 일반적으로 당밀은 반추가축용 저질조사료의 영양적 가치를 높이고자 할 때 이용되어지며(Heinemann과 Hanks, 1977), 목초를 이용한 사일리지 제조 시 당밀 첨가는 사일리지의 발효 성상과 질을 향상시키는데 도움이 되는 것으로 밝혀졌고(Umana 등, 1991), 또한 미국 아칸사소 연구팀(Park 등, 1997)은 물리화학적 성상이 우리와는 다른 육계분의 퇴적발효물에 당밀 첨가는 발효물의 영양적 가치를 향상시켰다고 보고한 바 있다. 당밀을 첨가할 경우 우리 실정에 맞는 경제적이고도 발효 효율적인 적정 첨가 수준을 도출할 필요가 있고, 이때 당밀이 최종 발효물의 각종 성상에 미치는 효과를 구명할 필요가 있다.

그리고 일반적으로 조사료의 펠렛 처리는 영양적 특성을 크게 향상시키지는 못하는 것으로 알려져 있으나(Colleman 등, 1978; Fannesbeck 등, 1981; Anderson 등, 1988), 펠렛 처리는 조사료의 부피를 줄이면서 밀도를 높여주어 운송비를 상당히 절감시켜주고, 조사료 종류에 따라서 나타날 수 있는 사료 섭취량 증가는 증체를 향상을 유도하기도 한다(Meyer 등, 1959; Lindahl과 Terrill, 1963; Coleman 등, 1978; Anderson 등, 1988; Marshall 등, 1992). 육계분

발효사료는 완전혼합사료(total mixed ration, TMR)의 원료사료로 이용될 때는 다른 사료와의 혼합이 잘 되어 가축에 의한 기호성 문제에 대한 염려는 없었지만(곽 등, 2001), 예비 실험에서 기존의 배합사료-벧짚 급여의 한우 사양 체계에서는 육계분 발효사료는 기존 사료와의 확연히 구별되는 입자도 차이로 인해서 혼합이 잘되지 않아 이의 급여 시 기호성 문제가 발생되어서 가축이 적응하여 최대로 섭취하기까지는 3-4주 정도의 긴 시일이 소요되는 단점이 있었다. 이와 같은 기호성 문제에 대한 실용성 있는 개선책의 일환으로 육계분 발효 시의 당밀 첨가 또는 발효물의 펠렛 처리를 들 수 있다. 그러나 육계분 발효사료의 펠렛화에 따른 영양적 특성 변화와 동물 기호성 개선 등의 부수적 효과에 대한 연구보고는 아직 없는 실정이다. 이에 대한 긍정적인 연구 결과는 제조사료의 이용 및 보급을 촉진시켜 줄 것이다.

따라서 본 연구는 육계분 혐기발효사료 제조 시의 바람직한 발효를 위한 적정 당밀 첨가 수준을 도출하고, 당밀 첨가 시 육계분 퇴적발효 전·후의 물리화학적 성분 및 *in vitro* 영양소 소화율의 변화를 추적하고, 발효물의 펠렛화 가능성 및 펠렛에 따른 성분 변화를 구명하며, 기존의 한우 사양 체계에서의 당밀 또는 펠렛 처리된 육계분 발효사료 급여 시 한우에 의한 기호성 개선 통한 적응기간 단축 효과를 평가하고자 실시되었다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 발효사료 제조 및 시료 채취

#### (1) Exp. 1: 당밀 첨가 수준이 육계분 혐기 발효물의 성상에 미치는 영향

육계분-당밀 혼합물의 소규모 혐기발효 실험은 건국대학교 충주캠퍼스 실습농장에서 다음과 같이 수행되었다. 충주시 주변의 육계농장에서 트럭(4.5 ton 규모)으로 운송된 육계분(왕겨 깔개 포함)을 바닥에 간 두꺼운 비닐 위에 쏟아 붓고, 계분 위 표면도 비닐로 덮어 비에 노출되지 않도록 보관하였으며, 전 실험(곽

과 박, 1999)에서와 같이 선별된 육계분을 무게를 측정하여 혼합기(Atika, Italia)에 넣고, 처리별(당밀 첨가 수준 0, 2.5, 5, 7.5, 10%)로 당밀을 첨가하여 철저히 혼합한 다음, 깨끗한 비닐 위에 쏟아 붓고, 준비된 2 liter 들이 플라스틱 용기 내의 두 겹의 비닐 속에 혼합물을 넣고 손으로 철저히 진압하고 밀봉한 뒤 실온에서 1개월간 혐기발효시켰다. 처리구 당 혼합물은 5반복으로 제조되었다. 발효 후 발효물의 무게를 측정한 후 개봉과 동시에 외관적 특성을 관찰 기록하였고, 발효물의 중앙 부위에서 채취된 시료는 pH를 측정한 후 영양적 특성과 발효 특성을 분석하기 위해서  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고에 보관되었다.

(2) Exp. 2: 당밀 5% 첨가 시 육계분 퇴적 발효물의 성상에 미치는 영향  
또 다른 육계농장에서 운송된 한 트럭 분(4.5

ton 용량)의 육계분은 선별된 뒤 단독으로 또는 당밀을 5% 수준(건물 기준)에서 첨가하여 혼합기로 철저히 혼합한 상태에서  $1 \times 1 \times 1.2$  m(가로×세로×높이) 크기로, 두꺼운 베니어 판을 이용하여 제작된, 지붕이 있는 각각의 칸막이(photograph 1) 내에서 1개월 동안 퇴적발효시켰다. 본 실험실에서의 발효사료 제조 관행에 따라서 퇴적물 중앙 부위(표면에서 50 cm)에는 센서가 달린 온도계를 삽입하여 매일 발효온도를 측정하였는 바 위생적인 발효사료의 제조를 위한 적정 발효온도 대를 유지한 것을 확인하였다. 발효 전과 후의 시료는 4반복으로 채취되었고, 특히 발효 후 시료는 퇴적물의 중앙 부위(표면에서 50 cm)의 네 방향에서 채취되었다. 채취된 시료는 바로 pH를 측정한 후 향후 화학 분석을 위해서  $-20^{\circ}\text{C}$  냉동고에 보관되었다.



Photograph 1. Deepstacking of broiler litter in wooden cells constructed with a size of 1 m long  $\times$  1 m wide  $\times$  1.2 m high(thermometers inserted at the center of deepstacks).

### (3) Exp. 3: 육계분-당밀 혼합물의 퇴적발효 및 pelleting에 따른 성분 변화

Exp. 2에서 이용된 육계분은 흙으로 많이 오염되고 질이 좋지 않았던 것으로 판명되어 exp. 3에서는 육계농장을 직접 방문하여 육계분의 신선도를 확인한 다음 한 트럭 분(4.5 ton 규모)의 육계분을 상기한 실습농장으로 운송하여 선별한 다음, 당밀을 5% 수준에서 첨가하여 믹서기로 철저히 혼합한 다음, 발효 전 시료를 채취한 후 exp. 2에서 이용된 퇴적발효용 칸막이 2기 내에서 1개월 간 퇴적발효시켰다. 발효 후 펠렛사료 제조에 이용된 펠렛기는 대구상공사(주)의 것이었다. 이때 펠렛 die의 직경은 0.8 cm였으며, 펠렛촉진제는 전혀 이용되지 않았다. 모든 대표적 시료의 채취는 5반복으로 행하여졌다. 참고로 사료용 육계분 수거 시에는 흙 오염을 최소화하기 위해서 로더의 날이 흙바닥을 긁지 않도록 주의를 줄 필요가 있다.

### (4) Exp. 4: 육계분 퇴적발효물의 처리에 따른 한우 기호성 변화

#### (가) 사료 제조

처리에 따른 육계분 퇴적발효사료의 한우에의 기호성을 검증하기 위해서 대조구와 3개 시험구들 즉 육계분 퇴적발효사료(대조구), 퇴적발효 펠렛사료(시험구 1), 육계분-당밀 혼합발효사료(시험구 2), 육계분-당밀 혼합발효 펠렛사료(시험구 3)를 각각 0.5 ton씩 총 2 ton을 건국대학교 충주캠퍼스 실습농장에서 제조하였다. 이때 당밀은 육계분의 5% 수준(건물 기준)으로 혼합하여 발효시켰다. 발효기간은 1개월이었다. 발효물과 당밀 혼합물의 펠렛사료는 exp. 3에서와 동일한 방법으로 제조되었다.

#### (나) 농장에서의 기호성 test

충북 음성군 소재 음성축산업협동조합 산하 생축장에서 비육전기의 거세 한우 16두(평균 체중 323 kg)를 이용하여 4칸에 4개 처리구를 적용시켰다. 칸(처리구)당 이용된 동물은 각각 4두씩이었다. 모든 공시 동물에게 배합사료는 두당 6 kg, 볏짚은 두당 2 kg을 매일 2회로 나누어 급여하였다. 처리된 육계분사료 급여 시 두당 일일 0.5kg씩(일일 2회 분할 공급) 서서히

증량하면서 공급하였고, 남기면 전날 수준을 유지하였다. 적응기간 20일 동안의 사료 섭취량과 섭취 양상은 매일 측정·기록되었다. 처리별 사료 건물 및 풍건물 섭취량은 실험에 이용된 한우의 처리구별 평균 대사체중( $W^{0.75}$ ) 기준으로 계산되었다.

## 2. 화학 분석

화학적 성분 분석 시 건물은 60°C dry oven에서 48시간 건조한 후 측정하였고, 조단백질, 조지방, 조회분은 AOAC(1990) 방법에 따라 분석하였다. 특히 육계분과 발효물의 조단백질은 풍건 상태에서 분석한 다음 건물로 보정하여 계산하였다. 순단백질(true protein)은 5% trichloroacetic acid 용액에서 침전되는 양으로, non-protein N(NPN)은 조단백질에서 순단백질을 뺀 양으로 구하였다. ADF-CP(acid detergent fiber-crude protein)는 ADF 분석 후 잔류 시료의 조단백질을 측정하여 구하였다. Neutral detergent fiber(NDF)와 ADF는 Van Soest 등(1991)의 방법에 따라 분석하였다. 발효 성상의 지표로서 pH는 pH meter(HI 9321, Hanna Instrument, Portugal) 상에서 측정하였다. Lactic acid는 Barker와 Summerson(1941)의 방법에 따라 UV spectrophotometer(UV 1201, Shimadzu, Japan) 상에서 분석하였다. *In vitro* 건물, 유기물 소화율을 측정하기 위해서 Tilley and Terry(1963)의 two stage *in vitro* technique을 이용하였으며, 배양시간은 48시간이었다.

## 3. 통계 분석

통계 처리시 General Linear Model procedure (Statistix7, 2000)를 이용하였으며, exp. 1에서 처리별 발효 전과 후의 비교는 Studentized t-test로 실시되었고, 당밀 첨가 등급에 따른 1차 직선적(linear) 변화는 polynomial contrast를 이용하여 분석되었다(Statistix7, 2000). Exp. 2와 3에서의 평균간 비교는 Tukey's multiple range test(Statistix7, 2000)로 실시되었다.

### III. 결 과

#### 1. Exp. 1: 당밀 첨가 수준이 육계분 혐기발효물의 성상에 미치는 영향

##### (1) 혐기발효물의 외관적 특성

1개월간의 혐기발효 후 개봉 시의 처리별 육계분-당밀 발효물의 외관적 특성을 조사한 결과는 Table 1에 요약되어져 있다. 당밀이 첨가되지 않은 육계분 발효물은 1개월의 발효기간 후에도 여전히 분취와 악취가 남아 있었고, 곰팡이 발생은 없었다. 소규모의 육계분 단독 발효물(2 kg 들이 용기 이용)은 발효 촉진제의 도움 없이는 효과적으로 발효되지 않는 것으로 확인되었다. 당밀 첨가 수준 2.5%의 혼합물은 개봉 시 악취는 없었고, 발효취가 낮으며, 표면에서의 곰팡이 발생도 없었으나, 약간의 분취가 잔존하였으므로 2.5% 첨가 수준에서는 1개월간의 혐기발효 동안 여전히 효율적 발효가 일어나지 못하는 것으로 판단되었다. 당밀 5% 첨가 발효물은 분취와 악취를 전혀 내지 않았으며, 약간의 감미가 나는 등의 바람직한 발효 외관을 보였고, 표면에서의 흰곰팡이가 발생도 없었다. 당밀 7.5% 첨가 시에도 5% 수준과 같은 양호한 발효 상태를 보여 주었으나, 위 표면의 공기 접촉 부분에 약간의 흰 곰팡이류가 발생한 것으로 관찰되었다. 당밀 10% 첨가 수준에서도 7.5% 첨가 시와 같은 수준의 양호한 발효 상태

를 보였으나, 오히려 더 많은 흰 곰팡이류가 위 표면에서 관찰되었다. 이는 당밀의 주성분인 당류(sugar)가 흰 곰팡이류 증식의 영양원으로 작용한 때문인 것으로 판단되었다. 전반적으로 당밀 첨가와 함께 발효물의 색깔은 갈색에서 흑갈색으로 변하였고, 손으로 뭉쳐질 정도는 아니었지만 점착성이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 공기 접촉 시 당밀 첨가 수준이 높을수록 흰 곰팡이류의 발생 빈도는 높아지는 것으로 관찰되었다.

결과적으로 소규모 혐기발효 시 바람직한 발효 외관과 표면의 곰팡이 발생이 없는 적정 당밀 첨가 수준은 5% 이었다.

(2) 혐기발효 전, 후의 혼합물의 화학적 특성  
육계분 원료에 첨가된 당밀의 화학적 성분은 다음과 같았다: dry matter(DM) 66.7%, organic matter(OM) 88.3%, ether extract(EE) 0.04%, CP 6.4%, NPN/CP 61.2%, true protein(TP)/CP 38.8%, ADF 13.4%, crude ash 11.7%. 이 수치를 문헌상의 수치(NRC, 1996)와 비교했을 때 DM 함량은 약간 낮았고, CP, EE 및 crude ash 함량들은 비슷하였으며, ADF 함량은 높았다. NPN/CP 함량은 Park 등(1997)의 미국 당밀의 보고치인 82.9% 보다도 훨씬 낮았다. 육계분과 비교해서 당밀은 DM, OM, NPN/CP 함량이 높았고, EE, CP, TP/CP, ADF, crude ash 함량은 낮았다.

Table 1. Appearance characteristics of ensiled mixtures of broiler litter depending upon the levels of molasses added<sup>1,2,3</sup>

Levels of molasses added	Odour			Molds in surface
	Foul	Fecal	Acidic	
0 %	+	++	+	-
2.5 %	-	+	+	-
5 %	-	-	+	-
7.5 %	-	-	+	+
10 %	-	-	+	++

<sup>1</sup> One month of the ensiling period.

<sup>2</sup> Five observations per treatment.

<sup>3</sup> ‘-’ = negative response, ‘+’ = positive response, ‘++’ = more positive response.

발효 전 육계분예의 당밀 첨가 수준이 0%에서 10%까지 단계적으로 증가함에 따른 화학적 성분의 polynomial linear change(P<0.05)를 분석한 바(Table 2), DM 함량은 소폭으로 증가하였고(P<0.05), EE, CP, ADF 함량들은 직선으로 감소하였으며(P<0.05), crude ash 함량은 감소하는 추세를 보였다(P<0.1). NPN : TP 비율과 ADF-CP는 차이가 없었다. 이와 같이 이미 예상된 화학적 변화는 상기한 육계분과 당밀의 화학적 성분상의 차이에 기인한 것이었다.

발효 전과 비교해서 혼합물들의 혐기발효 후의 성분 변화에 있어서 당밀 첨가 수준 5%와 10%에서 EE 함량과 ADF 함량의 두드러진 증가(P<0.05)가 나타났으며, 그 외의 화학 성분들 즉 DM, OM, CP, NPN : TP 비율, ADF-CP, crude ash 등은 유의적 변화가 없었다. 발효 후 ADF 함량의 증가(P<0.05)는 발효 중 가용성 OM 성분의 미생물 분해에 따른 상대적 함량 차이에 기인하는 것으로 판단되었다.

발효 후 육계분예의 당밀 첨가 수준이 증가

Table 2. Effects of molasses addition to broiler litter on chemical composition(DM basis) of mixture pre and post ensiling<sup>1</sup>

Item	Levels (%) of Molasses added					SE
	0	2.5	5	7.5	10	
..... % .....						
Pre ensiling						
Dry matter	63.7	65.3	66.0	65.3	65.7	0.5 <sup>d</sup>
Organic matter	72.3	72.4	73.0	73.2	73.5	0.9
Ether extract	0.67 <sup>a</sup>	0.46	0.27 <sup>a</sup>	0.56	0.31 <sup>a</sup>	0.06 <sup>d</sup>
Crude protein	16.0	16.0	15.5	15.3	14.8	0.2 <sup>d</sup>
NPN	41.7	43.6	40.3	41.6	40.6	1.2
True protein	58.3	56.4	59.7	58.4	59.4	1.2
ADF-CP	34.6	31.1	33.8	33.9	38.4	0.8
Acid detergent fiber	38.9	40.6	37.0	40.4	34.2	1.2 <sup>d</sup>
Crude ash	27.8	27.7	27.0	26.8	26.5	0.9
Post ensiling						
Dry matter	64.5	66.0	65.4	64.4	64.4	0.4
Organic matter	70.1	72.4	72.9	73.2	73.8	1.0
Ether extract	0.18 <sup>b</sup>	0.32	0.59 <sup>b</sup>	0.69	0.63 <sup>b</sup>	0.05 <sup>c,d</sup>
Crude protein	15.9	15.4	15.3	15.2	15.2	0.2 <sup>d</sup>
NPN	39.1	40.7	41.8	40.2	43.8	1.8 <sup>d</sup>
True protein	60.9	59.3	58.2	59.8	56.2	1.8 <sup>d</sup>
ADF-CP	32.6	32.3	31.1	33.5	33.0	1.2
Acid detergent fiber	37.2	42.4	40.3	41.9	38.0	1.0 <sup>c,d</sup>
Crude ash	29.9	27.6	27.1	26.8	26.2	1.0

<sup>1</sup> Means of 5 observations.

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts between pre and post fermentation within the same columns differ(P<0.05).

<sup>c</sup> Overall pre differs from post fermentation(P<0.05).

<sup>d</sup> Additions of molasses show linear change(P<0.05).

함에 따른 화학적 성분의 polynomial linear change( $P<0.05$ )를 분석하였을 때, EE, ADF, NPN : TP 비율 등은 증가하였고( $P<0.05$ ), OM은 증가하는 추세였으며( $P<0.07$ ), CP는 감소하였다( $P<0.05$ ). DM, ADF-CP 함량들은 변화가 없었다.

결과적으로 육계분의 혐기발효 시 10% 이내에서 첨가된 당밀은 육계분 혼합물의 화학적 성분상의 현저한 향상 효과를 유도하지는 못한 것으로 사료되었다.

### (3) 혐기발효 전, 후의 혼합물의 발효 특성

혐기발효 전, 후의 육계분 혼합물의 발효 특성 변화는 Table 3에 제시되어져 있다. 육계분 단독 혐기발효 시 발효 전과 비교해서 발효 후에는 pH의 유의적 차이는 없었으나, 유산 함량은 뚜렷이 증가하였다( $P<0.05$ ). 발효 전과 비교해서 발효 후에 당밀이 첨가된 육계분 발효물은 pH의 뚜렷한 감소 효과( $P<0.05$ )와 유산 함량의 뚜렷한 증가 효과( $P<0.05$ )가 나타났다. 그러나 발효 후 DM 손실율은 처리에 따른 차이가 나타나지 않았다. 당밀 첨가 수준이 증가함에 따라 pH는 직선으로 감소하였고( $P<0.001$ ), 유산 함량은 직선으로 증가하였으나( $P<0.001$ ),

당밀 첨가구들 간의 유산 함량 차이는 미미하였다. 그리고 전반적으로 발효에 따른 건물 소실율은 15~20% 정도인 것으로 나타났으며, 이 정도의 건물 소실율은 처리와 상관없이 자체 미생물에 의한 혐기발효가 활발하게 일어났음을 의미하였다. 그러나 pH 감소 정도로만 보면 옥수수사일리지 제조 시와 같이 현저히 낮은 수준을 보이지는 않았는데, 이는 육계분내의 높은 NPN 성분과 이로부터 발생하는 약알칼리성 암모니아가 pH 완충작용을 하기 때문인 것으로 예측되었다.

결과적으로 당밀 첨가는 2.5% 이상의 수준에서 육계분의 혐기발효 성상을 향상시키는데 도움이 되는 것으로 판단되었고, 최소 5% 이상의 첨가 수준에서 발효 성상은 더욱 양호하였다.

이와 같이 발효 외관, 화학적 성분 및 발효 특성 등에 대한 결과를 종합적으로 고려할 때 육계분내의 당밀 첨가 시 경제적이고도 효과적으로 혐기발효를 일으키는 적정 수준은 5% 정도인 것으로 사료되었다. 따라서 이후의 육계분 퇴적발효 실험에서도 당밀 첨가 수준은 5%로 하여 실시하였다. 참고로 퇴적발효는 혐기발효와 호기발효가 자연적으로 공존하면서 퇴적물의 내부에서는 혐기발효의 비율이, 표면에

Table 3. Effects of molasses addition to broiler litter on silage parameters<sup>1</sup>

Item	Levels (%) of Molasses added					SE
	0	2.5	5	7.5	10	
Pre ensiling						
pH	8.13	7.83 <sup>a</sup>	7.79 <sup>a</sup>	7.44 <sup>a</sup>	7.57 <sup>a</sup>	0.07 <sup>c,d</sup>
Lactic acid (%)	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	0
Post ensiling						
pH	7.93	7.20 <sup>b</sup>	6.80 <sup>b</sup>	6.40 <sup>b</sup>	6.16 <sup>b</sup>	0.07 <sup>c,d</sup>
Lactic acid (%)	4.03 <sup>b</sup>	4.09 <sup>b</sup>	4.11 <sup>b</sup>	4.21 <sup>b</sup>	4.12 <sup>b</sup>	0.03 <sup>c,d</sup>
Dry matter loss (%)	16.8	19.9	18.1	14.7	17.5	1.6

<sup>1</sup> Means of 5 observations.

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts between pre and post fermentation within the same columns differ( $P<0.05$ ).

<sup>c</sup> Overall pre differs from post fermentation( $P<0.05$ ).

<sup>d</sup> Additions of molasses show linear change( $P<0.001$ ).

서는 호기발효의 비율이 높게 일어나는 공정이다.

## 2. Exp. 2: 당밀 5% 첨가 시 육계분 퇴적발효물의 성상에 미치는 영향

### (1) 외관적, 화학적 및 발효 성상 변화

퇴적물의 처리에 따른 발효 전과 후의 외관적 및 물리화학적 특성 변화는 Table 4에 제시되어 있다. 선별된 육계분은 덩어리가 제거되었기 때문에 대부분 왕겨 정도의 크기였으

며, 발효된 생분이 왕겨에 붙어있거나 가루 형태로 존재하였다. 퇴적발효 전의 육계분에는 여전히 악취와 분취가 있었으나, 1개월간의 발효 후 육계분 단일 퇴적발효물이나 육계분-당밀 퇴적발효물은 악취와 분취가 완전히 사라지고, 좋은 발효취가 나는 물질로 전환되었다. 단지 육계분-당밀 퇴적발효물의 경우 표층의 공기 접촉 부위에서 약간의 흰 곰팡이류가 발견되었다. 육계분 단일 혐기발효 시와 비교해서 퇴적발효는 보다 양호한 외관적 특성을 보여주었는데 이는 퇴적발효 시에 발생된 고온의 발

Table 4. Appearance characteristics and change in chemical composition(DM basis) of broiler litter(BL) when deepstacked alone or mixed with molasses at 5% level<sup>1</sup>

Item	Raw BL	Deepstacked		SE
		BL	BL+5% Molasses	
<b>Appearance characteristics<sup>2</sup></b>				
Foul odor	+	-	-	
Fecal odor	+	-	-	
Acidic odor	-	+	+	
Mold in surface	-	-	+	
<b>Chemical composition (%)</b>				
Dry matter	76.7 <sup>a</sup>	81.4 <sup>b</sup>	79.9 <sup>b</sup>	0.6
Organic matter	61.3 <sup>a</sup>	56.8 <sup>b</sup>	58.1 <sup>b</sup>	1.1
Ether extract	0.9 <sup>a</sup>	1.0 <sup>a,b</sup>	1.6 <sup>b</sup>	0.2
Crude portein	16.9 <sup>a</sup>	18.1 <sup>b</sup>	16.8 <sup>a</sup>	0.3
Non-protein N	53.7 <sup>a</sup>	62.8 <sup>b</sup>	60.6 <sup>b</sup>	1.0
True protein	46.3 <sup>a</sup>	37.2 <sup>b</sup>	39.4 <sup>b</sup>	1.0
ADF-CP	18.0	18.8	19.7	0.8
Neutral detergent fiber	36.1	37.1	34.5	1.5
Acid detergent fiber	22.3	21.9	22.7	1.1
Crude ash	38.7 <sup>a</sup>	43.2 <sup>b</sup>	41.9 <sup>b</sup>	1.1
pH	7.1 <sup>a</sup>	7.9 <sup>b</sup>	5.3 <sup>c</sup>	0.1
<b><i>In vitro</i> digestibility (%)</b>				
Dry matter	51.6	58.1	48.1	3.6
Organic matter	86.4	86.5	82.4	2.3

<sup>1</sup> Means of 4 observations.

<sup>2</sup> ‘-’ = negative response, ‘+’ = positive response.

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same rows differ (P < 0.05).

효율과 개방 조건 하의 자연 환기 작용이 악취와 분취를 날려보내고 외관적 특성을 양호하게 만드는데 도움이 된 것으로 사료되었다.

퇴적발효 전과 비교해서 퇴적발효 후의 육계분은 수분 증발로 인하여 함수율이 약 5% 감소하였으며(P<0.05), CP, NPN:TP 비율, crude ash 함량 등이 증가하였으나(P<0.05), EE, ADF-CP, NDF, ADF 함량 등은 변화가 없었다(Table 4). Exp. 1에서의 육계분 단일물 혐기발효 시 EE 성분의 감소 외에는 화학 성분상의 변화가 미미한 것과 비교해서 퇴적발효는 약간의 화학적 성분 변화를 보이는 편이었다.

육계분-당밀(5%) 퇴적발효물은 육계분 단일 퇴적발효물과 비교해서 CP 함량만이 1.3% 포인트 감소하였을 뿐 다른 화학적 성분들은 차이가 없었다. CP 함량의 감소 현상은 당밀 자체의 낮은 CP 함량에 기인한 것으로 사료되었다. 이러한 성분상 특성은 exp. 1의 혐기발효 시와 비슷하였다.

발효물의 pH에 있어서, 육계분 단독 퇴적발효는 pH를 약간 증가시켰으나(P<0.05), 당밀 5% 첨가는 발효물의 pH를 현저하게 감소시켰다(P<0.05). 이는 5% 수준에서의 당밀 첨가는 퇴적물을 호기발효보다는 혐기발효 쪽으로 더 유도하여, 결과적으로 산도를 떨어뜨린 것으로 사료되었다.

처리와 상관없이 발효 전(4.0%)과 후(4.3%)의 유산 함량이 비슷한 것으로 보아서 본 실험에서 이용된 육계분은 운송되기 전에 계분 계류장에서 장기간 쌓여 있는 동안 이미 발효가 상당히 진전된 때문인 것으로 사료되었다.

반추동물 체내에서의 소화율 향상 효과 유무를 예측하기 위해 실시된 *in vitro* 소화율 실험 결과(Table 4), 육계분의 단일 퇴적발효 또는 퇴적발효 시 5% 당밀 첨가는 육계분의 건물 및 유기물의 *in vitro* 소화율을 개선시키지는 못하였다(P>0.05).

### 3. Exp. 3 : 육계분-당밀 혼합물의 퇴적발효 및 pelleting에 따른 성분 변화

#### (1) 처리에 따른 물리·화학적 특성 변화

육계분에 당밀을 5% 수준(DM 기준)에서 혼합하여 퇴적발효시켰을 때(Table 5) 발효 전과 비교해서 발효 후에는 OM, NDF, hemicellulose 함량은 감소하였고(P<0.05), pH는 2.1 정도 낮아졌다(P<0.05). CP, ADF, crude ash 함량은 증가하였고(P<0.05), DM, EE 함량, NPN:TP 비율 등은 차이가 없었다. 당밀 첨가 시의 pH 감소 현상은 exp. 2에서와 비슷하였다. 이러한 물리·화학적 성분 변화는 exp. 2의 실험 결과로부터 대부분 예견된 것이었다. 그리고 exp. 1에서의 육계분-당밀(5%) 혐기발효 후의 ADF 함량 증가 현상은 exp. 3의 퇴적발효 시에도 전술한 원인으로 해서 마찬가지로 나타났다. 그러나 혐기발효 시 EE 함량의 증가 현상은 퇴적발효 시에는 나타나지 않았으며, 이와 연관된 기작은 아직 설명되어지지 않는다.

퇴적발효물을 펠렛화 하였을 때 물리적 효과로는 발효물의 압착에 의해 밀도(중량/부피)가

Table 5. Change in physico-chemical compositions of 95% broiler litter(BL)-5% molasses mixtures depending upon deepstacking<sup>1,2</sup>

Item	Deepstacking		SE
	Before	After	
	..... % .....		
Dry matter	61.8	63.7	0.7
Organic matter	78.6 <sup>a</sup>	77.4 <sup>b</sup>	0.8
Ether extract	1.26	1.50	0.17
Crude protein	25.5 <sup>a</sup>	26.8 <sup>b</sup>	0.4
Non-protein N	66.6	65.2	1.5
True protein	33.4	34.8	1.5
Neutral detergent fiber	44.3 <sup>a</sup>	42.0 <sup>b</sup>	0.6
Acid detergent fiber	27.8 <sup>a</sup>	32.0 <sup>b</sup>	0.6
Hemicellulose	16.5 <sup>a</sup>	10.0 <sup>b</sup>	0.5
Crude ash	21.4 <sup>a</sup>	22.6 <sup>b</sup>	0.8
pH	7.5 <sup>a</sup>	5.4 <sup>b</sup>	0.1

<sup>1</sup> On DM basis.

<sup>2</sup> Means of 5 observations.

<sup>a,b</sup> Means with different superscripts within the same rows differ(P<0.05).

3배 정도 증가하는 것으로 나타났다. Fig. 1에 제시된 화학적 변화로는 고온에 의한 수분 증발로 인해서 DM이 8.3% 포인트 증가하였고(P < 0.05), OM 손실로 인해 crude ash 성분이 약간 증가하였으며(P<0.05), EE 성분은 감소하였으나(P<0.05), CP, NDF, ADF 성분들은 차이가 없었다. pH는 약 3 정도 증가하였다(P<0.05). 당밀은 육계분의 성형을 촉진시키는 역할을 하였으나, 혐기발효 시와 마찬가지로 장기간 저장 시에는 곰팡이를 현저하게 발생시키는 것으로 관찰되었다. 결과적으로 펠렛화는 혼합물의 수분을 현저히 증발시키면서 밀도를 상당히 높이는 결정적 장점을 보였으며, 예상된 약간의 유기물 손실은 피할 수 없는 현상이었다.

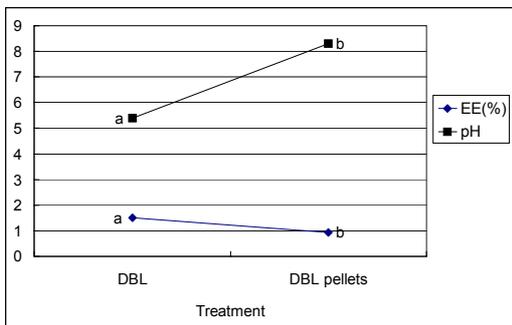
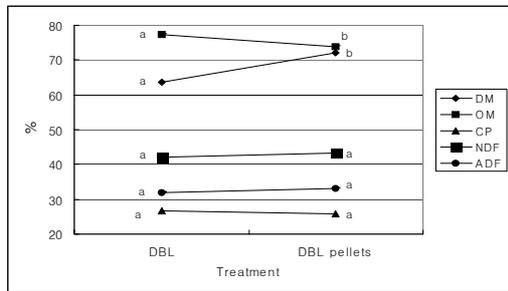


Fig. 1. Changes in Chemical composition between deepstacked broiler litter (DBL) and pellets of deepstacked broiler litter(DM = dry matter, OM = organic matter, CP = crude protein, NDF = neutral detergent fiber, ADF = acid detergent fiber, EE = ether extract)[(Means with different letters in the same line differ(P<0.05)].

#### 4. Exp. 4 : 육계분 퇴적발효물의 처리에 따른 한우 기호성 효과

##### (1) 사료의 화학적 성분

한우 기호성 실험을 위해서 제조된 육계분 퇴적발효사료, 육계분 퇴적발효 펠렛사료, 육계분-당밀(5%) 퇴적발효사료, 육계분-당밀(5%) 퇴적발효 펠렛사료의 화학적 성분은 큰 차이가 없었으며, 그 성분은 다음과 같았다. 제조된 사료들의 함수율은 27~30% 수준이었다. Crude ash는 25~30%로서 exp. 2에서 이용된 육계분 보다 회분 함량이 낮은, 즉 흙의 오염이 적은, 보다 양호한 육계분 원료가 이용되어졌다. 처리 사료의 CP는 12% 수준이었으며, CP 중 TP/NPN 비율은 49~59 : 41~51의 범위에 있었고, ADF-CP/CP는 27~31%로서 양호한 한계선인 25%(Ruffin과 McCaskey, 1990a)를 약간 상회하는 수준이었다. EE는 2.0~2.7%, NDF는 58~62%, ADF는 44~46%의 수준이었다.

##### (2) 기호성 효과

육계분 퇴적발효사료, 육계분 퇴적발효 펠렛사료, 육계분-당밀 퇴적발효사료, 육계분-당밀 퇴적발효 펠렛사료를 비육전기의 한우에게 적응기간동안 급여한 결과는 Fig. 2에 제시되어졌다. 펠렛 처리를 하지 않은 육계분 퇴적발효사료를 급여하였을 때 목표 급여량인 일일 두당 4kg 수준에 도달하기까지 18일 정도 소요되었다. 이의 낮은 기호성을 개선하기 위해 펠렛 처리, 당밀 첨가 또는 이들 동시 처리구들은 급여 후 8~9일 경과 시 일일 목표 섭취량 4kg에 도달하였고, 대체로 서로 비슷한 섭취 양상을 보여주었다. 적응기간 동안 한우의 일일 대사체중(W<sup>0.75</sup>) 당 사료 풍건물 섭취량은 상기한 처리 순서로 보면 각각 32.3, 40.4, 37.1, 40.0 g 이었고, 대사체중(W<sup>0.75</sup>) 당 건물 섭취량은 각각 22.7, 29.1, 26.5, 29.2 g이었다. 즉 육계분발효사료에 펠렛 처리 또는 당밀 첨가 효과는 기호성을 향상시켰으나, 펠렛-당밀 동시 처리는 펠렛 단일 처리 이상의 부가적인 기호성 증진 효과를 보여주지는 않았다. 펠렛 처리된 퇴적발효사료의 향상된 기호성은 상대적으로 가루

형태에 가까운 퇴적발효사료와 비교해서 냄새가 적고, 덜 가리게 되며, 먹기도 편한 장점들이 기인한 것으로 사료되었다.

이와 같이 육계분 발효사료를 펠릿 처리 또는 당밀(5%) 첨가는 한우에 의한 기호성을 현저하게 향상시켰으며, 결과적으로 한우의 이들 사료에 대한 적응기간을 반 정도로 단축시켰다.

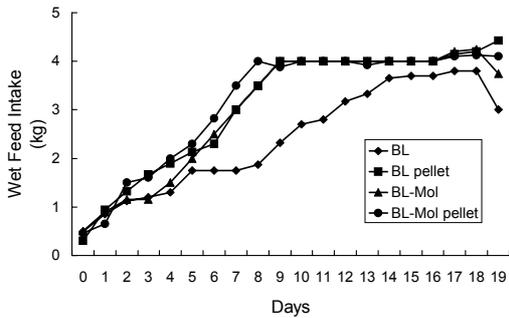


Fig. 2. Intake pattern of differently processed broiler litter by 'Hanwoo' (BL = deepstacked broiler litter, BL pellet = deepstacked broiler litter pellet, BL-Mol = deepstacked broiler litter - 5% molasses, BL-Mol pellet = deepstacked broiler litter - 5% molasses pellet).

#### IV. 고 찰

본 연구에서 육계분 혐기 또는 퇴적발효 시 당밀 5% 첨가는 혐기발효 시의 EE 함량 증가 이외에는 일반 조성분 및 *in vitro* 소화율에 별다른 영향을 끼치지 않았으나, 발효 성상에는 긍정적인 영향을 끼쳤다. 화분과 및 두과 목초의 사일리지 제조 시 당밀 첨가는 유산 함량을 증가시키면서, pH를 감소시켰다는 보고(Umana 등, 1991)와 반추위액-혈액-밀짚 혐기발효사료 제조 시 당밀 5% 첨가는 발효물의 유산 함량을 현저하게 증가시키면서 pH를 감소시켰으나, 영양 성분상의 변화는 미미하였고, 영양소 소화율 또한 차이가 없었다는 보고(El-Yassin 등, 1991)는 본 연구의 결과를 뒷받침 해주고

있다. 미국의 육계분 발효 시 당밀 10, 20% 첨가 시 NDF 함량이 감소하고, CP 함량이 증가하였다는 보고(Park 등, 1997)와 저질조사료에 10% 이상의 당밀 첨가 시 *in vitro* 유기물 소화율(Petersen 등, 1981)과 면양에 의한 유기물 소화율(Martin 등, 1981)은 현저하게 증가하였다는 보고와 결부시켜볼 때 10% 이상의 당밀 첨가 시 영양소 함량의 유의적 변화와 유기물 소화율의 증가는 당밀보다 상대적 사료 가치가 낮은 사료를 대체한 양이 많은 만큼 통계적으로 유의적 효과가 나타났기 때문으로 보이며, 당밀이 발효 과정에서 미생물의 왕성한 분해작용으로 육계분이나 저질 조사료의 난분해성 물질을 분해시키고, 소화율을 높이는데 실질적으로 도움이 되었다는 근거를 찾기는 힘들었다.

본 연구에서 육계분 발효사료의 펠릿 처리는 유기물 이외의 다른 일반 조성분에는 영향을 미치지 않았다. 화분과 목초의 펠릿 처리 또한 CP, lignin, 섬유소 등의 화학적 성분에 현저한 영향을 미치지 않았으며(Coleman 등, 1978), alfalfa meal의 펠릿 처리 시에도 CP 및 섬유소 성분에 영향을 미치지 않았다는(Lindahl과 Reynolds, 1959) 보고들은 본 연구 결과와도 일치한다. 그러나 본 연구에서의 펠릿 처리에 따른 수분 증발과 유기물 감소 효과는 발효사료 자체의 물리화학적 특성상 펠릿 처리를 위한 취급 과정에서 큰 부피로 인한 대기와의 접촉 부위가 넓고, 자체 발생된 고열에 의해 수분 증발 효율이 예상보다 높았으며, 또한 발효물 자체의 많은 양의 휘발성 물질의 공정 중 손실에 기인하는 바 큰 것으로 사료되었다. 그러나 무엇보다도 펠릿 처리에 의해 밀도(중량/부피)가 증가하는 장점은 유기물 손실의 단점을 상쇄하고도 남음이 있는 것으로 사료되었다.

육계분 발효 시 당밀 첨가와 육계분 발효사료의 펠릿 처리는 사료 적응기간동안 한우의 대사체중( $W^{0.75}$ ) 당 건물 섭취량을 대조구인 육계분 발효사료를 급여했을 때보다도 각각 16.7, 28.2% 증가시켰다. 화분과 및 두과 목초의 사일리지 제조 실험(Umana 등, 1991)에서와 암모

니아 처리 열대성 화분과 건조 급여 실험 (Brown, 1993)에서 당밀 첨가가 반추가축의 사료 섭취량을 증가시켰다는 보고는 본 연구 결과와 일치한다. 펠렛 처리에 따른 사료 섭취량의 증가는 사료의 빠른 장내 통과 속도 때문인 것으로 제안된 바 있으며(Meyer 등, 1959), Patil 등(1993)은 육계분 발효사료 급여 시에 사료의 통과 속도가 느려지지만 건조 첨가 시 증가한 사료 섭취량은 빨라진 장내 통과 속도에 기인하는 것으로 귀결시킨 바 있다. Brosh 등 (1993)도 밀짚으로 육계분 발효사료의 부분 대체 시 비슷한 결과를 보고하였다. 이와 같이 육계분 발효사료의 펠렛 처리 시의 늘어난 사료섭취량은 사료의 빠른 장내 통과 속도에 기인한 바 큰 것으로 판단된다.

본 연구에서는 당밀 첨가는 발효물의 *in vitro* 소화율을 유의하게 개선시키지 못한 것으로 나타났다. 그러나 펠렛 처리가 *in vivo* 소화율에 미치는 영향을 추정해 보면, 목초와 같은 큰 입자도를 가진 사료의 펠렛 처리는 섬유소의 소화율을 저하시키나(Coleman 등, 1978), 상대적으로 입자도가 작은 대두피의 펠렛 처리는 섬유소 소화율에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다(Anderson 등, 1988). 대두피와 같이 입자도가 작은 편인 육계분 발효사료의 펠렛 처리는 반추동물체내에서의 섬유소 소화율을 저하시키지는 않을 것으로 예상되나, 다른 영양소의 활용성과 동물 생산성에 영향을 미칠 수 있기 때문에 현재 육계분 펠렛사료의 한우 및 홀스타인 비육우에의 사양 연구가 진행 중에 있다.

## V. 결 론

육계분 혐기발효 시 당밀 첨가는 화학적 성분상의 현저한 개선 효과를 보여주지는 않았으나, 발효 성장과 질을 향상시키는 데에는 효과적이었다. 육계분 퇴적발효 시의 당밀 첨가는 공기 접촉 부위에서의 곰팡이 발생이 문제점으로 지적되기도 하였으나, 기호성 개선 및 펠렛 촉진 효과는 큰 장점으로 부각되었다. 아울러

육계분 단일 퇴적발효 후에 당밀을 혼합하는 것도 마찬가지로 바람직한 방법일 것으로 사료되었다. 육계분 발효사료의 펠렛 처리는 밀도를 상당히 높여주어서 생산물의 운송 및 보급을 용이하게 할뿐만 아니라 한우에 의한 기호성을 향상시키는 결정적 장점이 있었다.

## VI. 요 약

본 연구는 육계분 혐기 또는 퇴적 발효사료 제조 시의 적정 당밀 첨가 수준을 도출하고, 발효 전·후의 영양적 및 발효 성상의 변화를 구명하고, 펠렛 처리 효과를 평가하며, 그리고 기존의 한우 사양 체계에서의 당밀 또는 펠렛 처리된 육계분 발효사료 급여 시 한우에 의한 기호성 개선 통한 적응기간 단축 효과를 평가하고자 실시되었다. 육계분의 혐기발효 시 경제적이고도 효과적으로 혐기발효를 일으키는 당밀 적정 첨가 수준은 5%인 것으로 사료되었다. 육계분의 혐기 또는 퇴적발효 시 당밀 5% 첨가는 발효 성상을 향상시키나( $P<0.05$ ), 화학적 성분과 *in vitro* 영양소 소화율에는 현저한 영향을 미치지 않았다. 육계분 퇴적발효사료의 펠렛화는 밀도(중량/부피)를 3배정도 증가시키고, 수분을 현저히( $P<0.05$ ) 증발시켰으나, 약간의 유기물 감소( $P<0.05$ ) 현상을 보였다. 육계분 발효사료를 펠렛 처리 또는 당밀 첨가는 한우에 의한 기호성을 뚜렷하게 향상시켰으며, 결과적으로 한우의 이들 사료에 대한 적응기간을 반 정도(8~9일)로 단축시켰다. 종합적으로 육계분 발효사료 제조 시 당밀 첨가 또는 펠렛 처리는 사료영양적 가치를 유지하면서 적응기간 동안의 한우 기호성을 현저하게 개선시키는 효과가 있었다.

## VII. 사 사

본 연구는 농림부 연구지원비에 의해 수행되었다. 저자들은 화학 분석을 부분적으로 지원해 준 건국대학교 폐자원사료실의 강준석, 김영일, 김원경에게 감사를 표한다.

## VIII. 인 용 문 헌

1. Abdelmawla, S. M., Fontenot, J. P. and El-Ashry, M. A. 1988. Composted, deepstacked, and ensiled broiler litter in sheep diets: Chemical composition and nutritive value study. *Va. Polytech. Inst. & State Univ. Anim. Sci. Res. Rep. No. 7*:127-132.
2. Anderson, S. J., Merrill, J. K., McDonnell, M. L. and Klopfenstein, T. J. 1988. Digestibility and utilization of mechanically processed soybean hulls by lambs and steers. *J. Anim. Sci.* 66:2965-2976.
3. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis (15th Ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
4. Barker, S. B. and Summerson, W. H. 1941. The colorimetric determination of lactic acid in biological material. *J. Biol. Chem.* 138:535.
5. Brosh, A., Holzer, Z. and Aharoni, Y. 1993. The effect of maize grain supplementation of diets based on wheat straw and poultry litter on their utilization by beef cattle. *Anim. Feed Sci. Technol.* 40:165-175.
6. Brown, W. F. 1993. Cane molasses and cottonseed meal supplementation of ammoniated tropical grass hay for yearling cattle. *J. Anim. Sci.* 71:3451-3457.
7. Caswell, L. F., Fontenot, J. P. and Webb, K. E. Jr. 1978. Fermentation and utilization of broiler litter ensiled at different moisture levels. *J. Anim. Sci.* 46:547-561.
8. Chester-Jones, H. and Fontenot, J. P. 1981. Growing cattle fed differing levels of ensiled and deepstacked broiler litter. *Va. Agric. Exp. Sta. Anim. Sci. Res. Rep. No. 1*:178-182.
9. Coleman, S. W., Neri-Flores, O., Allen, R. J. Jr., and Moore, J. E. 1978. Effect of pelleting and of forage maturity on quality of two sub-tropical forage grasses. *J. Anim. Sci.* 46(4):1103-1112.
10. El-Yassin, F. A., Fontenot, J. P. and Chester-Jones, H. 1991. Fermentation characteristics and nutritional value of ruminal contents and blood ensiled with untreated or sodium hydroxide-treated wheat straw. *J. Anim. Sci.* 69:1751-1759.
11. Fonnesbeck, P. V., Christiansen, J. L. and Harris, L. E. 1981. Factors affecting digestibility of nutrients by sheep. *J. Anim. Sci.* 52(2):363-376.
12. Fontenot, J. P. and Jurubescu, V. 1980. Processing of animal waste by feeding to ruminants. In: Y. Ruckebusch and P. Thivend(Editors), *Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants*. AVI, Westport, CT, pp. 641-662.
13. Heinemann, W. W. and Hanks, E. M. 1977. Cane molasses in cattle finishing rations. *J. Anim. Sci.* 45(1):13-17.
14. Lindahl, I. L. and Reynolds, P. J. 1959. Effect of pelleting on the chemical composition and digestibility of alfalfa meal. 18(3):1074-1079.
15. Lindahl, I. L. and Terrill, C. E. 1963. Use of pelleted roughage in the feeding regime for breeding sheep. *J. Anim. Sci.* 22(4):953-955.
16. Marshall, S. A., Campbell, C. P., Mandell, I. B. and Wilton, J. W. 1992. Effects of source and level of dietary neutral detergent fiber on feed intake, ruminal fermentation, ruminal digestion in situ, and total tract digestion in beef cattle fed pelleted concentrations with or without supplemental roughage. *J. Anim. Sci.* 70:884-893.
17. Martin, L. C., Ammerman, C. B., Henry, P. R. and Loggins, P. E. 1981. Effect of level and form of supplemental energy and nitrogen on utilization of low quality roughage by sheep. *J. Anim. Sci.* 53(2):479-488.
18. Meyer, J. H., Gaskill, R. L., Stoewsand, G. S. and Weir, W. C. 1959. Influence of pelleting on the utilization of alfalfa. *J. Anim. Sci.* 18(1):336-346.
19. Park, K. K., Goetsch, A. L., Patil, A. R., Kouakou, B., Galloway, D. L. Sr and Johnson, Z. B. 1997. Addition of carbonaceous feedstuffs to broiler litter before deep-stacking. *Bioresource Technology* 59:9-20.
20. Patil, A. R., Goetsch, A. L., Galloway, D. L. and Forster, L. A. 1993. Intake and digestion by Holstein steer calves consuming grass hay supplemented with broiler litter. *Anim. Feed Sci. Technol.* 44:251-263.
21. Petersen, M. K., Thomas, V. M. and Roffler, R. E. 1981. Reconstituted Kentucky bluegrass straw. I. ensiled with molasses and sodium or calcium hydroxides. *J. Anim. Sci.* 52(2):398-405.
22. Ruffin, B. G. and McCaskey, T. A. 1990a. Broiler litter can serve as a feed ingredient for

- beef cattle. Feedstuffs 62(15):13-17.
23. Ruffin, B. G. and McCaskey, T. A. 1990b. Feeding broiler litter to beef cattle. Agriculture and Natural Resources Timely Information. Alabama Cooperative Extension Service Circular ANR557, Auburn University, AL, USA.
24. Statistix7. 2000. User's Manual. Analytical Software, Tallahassee, FL, USA.
25. Tilley, J. M. A. and Terry, R. A. 1963. A two stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Br. Grassl. Soc. 18:104.
26. Umana, R., Staples, C. R., Bates, D. B., Wilcox, C. J. and Mahanna, W. C. 1991. Effects of a microbial inoculant and(or) sugarcane molasses on the fermentation, aerobic stability, and digestibility of bermudagrass ensiled at two moisture contents. J. Anim. Sci. 69:4588-4601.
27. 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.
28. 곽완섭, 박종문. 1999. 사료용 선별 육계분의 혐기발효시 보리 부산물 첨가가 발효물의 물리·화학적 및 발효 성상에 미치는 영향. 한국낙농학회지 21(4):263-268.
29. 곽완섭, 김창원, 원병수. 2001. 젓소 미경산우용 고수분 완전혼합사료에 있어서 육계분의 밀기울 및 맥강 대체 효과. 한국동물자원과학회지 43(3): 361-368.
- (접수일자 : 2002. 10. 4 / 채택일자 : 2003. 1. 14)