



## *Formitella flaxinea*에 의하여 발효된 우분-톱밥 배양물의 사료가치 평가

김용국<sup>†</sup>

충남대학교 농업생명과학대학 동물자원과학부  
(2006년 1월 15일 접수, 2006년 3월 6일 채택)

### Evaluation of Feed Value for Cow Manure-Sawdust Mixtures Fermented by a Fungal Mycelium of *Formitella flaxinea*

Yong-Kook Kim<sup>†</sup>

Division of Animal Science and Resources College of Agriculture and Life Sciences Chungnam National University

#### ABSTRACT

Fresh dairy cow manure was mixed with dried sawdust at the following moisture contents and manure: sawdust ratios: 50% and 57:43 (M50), 55% and 64:36 (M55), 60% and 70:30 (M60), 65% and 76:24 (M65), 70% and 83:17 (M70), 75% and 90:10 (M75) and 80% and 96:04 (M80). The mixtures were fermented by a fungal mycelium of *Fomitella flaxinea* for 2wk at 29 C to recycle cow manure along with sawdust and fungal mycelium as a ruminant feedstuff. Chemical composition and in vitro rumen dry matter digestibilities of fermented mixtures were compared with unfermented mixture. The crude protein contents of mixtures were not changed by fermentation with fungal mycelium. Neutral detergent fiber contents of 4WK fermented mixtures (90.6, 85.3, 80.4, and 76.4% for M50, M60, M70 and M80, respectively) were lower ( $P<0.05$ ) than those of unfermented mixtures (91.1, 89.9, 84.3, and 79.4%). However, acid detergent fiber contents of fermented mixtures (73.8, 68.9, 65.3, and 58.0%) were higher ( $P<0.05$ ) than those unfermented mixtures (70.2, 67.8, 61.7, and 56.3%). In vitro rumen dry matter digestibilities of fermented mixtures for four weeks (49.4, 36.8, 28.6, and 22.3% for M50, M60, M70 and M80) were higher than those of unfermented mixtures (34.1, 27.5, 20.6, and 15.4%) ( $P<0.05$ ).

Keywords : Cow manure, Sawdust, Fermented mixtures. Fiber contents, In vitro dry matter digestibility.

<sup>†</sup>Corresponding author (yongkook@cnu.ac.kr)

## 초 록

본 연구는 젖소폐기물인 우분을 톱밥과 혼합한 후 *Formiella flaxinea* 균사체를 배양하여 이들 원료가 혼합된 배양물을 반추가축사료로 재활용하기 위하여 실시하였다. 생젖소분을 마른 톱밥과 혼합하여 수분 50%(M50; 우분 57%:톱밥 43%), 수분 55%(M55; 우분 64%:톱밥 36%), 수분 60%(M60; 우분 70%:톱밥 30%), 수분 65%(M65; 우분 76%:톱밥 24%), 수분 70%(M70; 우분 83%:톱밥 17%), 수분 75%(M75; 우분 90%:톱밥 10%) 그리고 수분 80%(M80; 우분 96%:톱밥 4%) 함유한 혼합물을 제조하였다. 혼합물은 29℃ 배양기에서 *Formiella flaxinea* 균사에 의하여 2주간 및 4주 배양하였다. 배양물에 대한 화학조성분 및 반추위액을 이용한 in vitro 건물소화율을 측정하여 배양처리하지 않은 혼합물과 비교하였다. 혼합물의 조단백질 함량은 균사발효에 의하여 변화가 나타나지 않았다. 배양 4주에서 배양물 M50, M60, M70 및 M80에 대한 중성세제섬유소(NDF) 함량은 90.6, 85.3, 80.4 및 76.4%로 비배양혼합물 91.1, 89.9, 84.3 및 79.4%에 비해 낮게 나타났다( $P < 0.05$ ). 그러나 산성세제섬유소(ADF) 함량은 배양물 75.8, 70.4, 67.6 및 59.0%는 비배양물 70.2, 67.8, 61.7 및 56.3%보다 높게 나타났다( $P < 0.05$ ). 반추위액을 이용한 in vitro 건물소화율은 배양물이 49.4, 36.8, 28.6, 및 22.3%로 비배양물의 34.1, 27.5, 20.6 및 15.4%보다 높게 나타났다( $P < 0.05$ ).

핵심용어 : 우분, 톱밥, 혼합물, 섬유소함량, in vitro 건물소화율

## 1. 서론

우분(牛糞, cow manure)을 포함한 가축분의 반추가축사료 또는 에탄올(ethanol) 발효원료 등으로의 재활용 방안은 우리나라와 같이 자원이 부족한 국가에서는 매우 중요한 과제라 할 수 있다.<sup>5,11,12,13</sup> 가축분은 비교적 영양소 함량이 높아 가축분의 사료화 방안에 관한 관심과 시도가 이미 1960년대부터 시작되어 그 가능성이 인정되고 일부 실용화가 되고 있으나 실용화 과정에서 여러 가지 기술적인 문제점이 발생되고 있다. 따라서 이와 같은 문제점의 해결방안 즉 기술개발이 절실히 요구되고 있다.<sup>1,2,3,11</sup>

현재까지 기술 여건으로는 가축분사료의 기술적 문제로 인하여 사료 가치를 저하시키고 생산단가를 증가시켜 결국 경제성이 떨어져 널리 실용화 되지 못하고 있는 실정이다. 최근에 이르러 축산농가 전업화로 가축 사육 두수가 증가됨에 따라 축산폐기물 배출량도 증가되고, 수질오염과 악취발생을 가져와 주변 환경오염의 한 가지 원인이 되고 있다.<sup>10,15</sup> 이러한 관점에서 가축분의 재활용은 환경오

염 방지에도 효과가 있다고 생각된다.

현재까지 보고된 가축분 사료화 기술로는 ①인공건조 및 멸균 ②수증기 처리 ③silage 제조 ④화학약품 처리 ⑤유충(구테기) 처리 ⑥호기성발효 처리 그리고 ⑦세척후 잔유물 이용 등이 알려져 있으나 대부분의 방법이 문제점을 내포하고 있다. 주요 문제점으로는 ①악취의 불완전 제거 ②사료의 기호성 저하 ③사료의 소화율 저하 ④일부 영양소 함량 부족 ⑤안전성 또는 위생 상태 문제 등을 들 수 있다. 따라서 일부 가축분 사료의 영양소 함량은 그 가치가 높게 인정되면서도 전술한 문제점 등으로 보다 널리 실용화가 되고 있지 못한 실정이다.

한편 유기성 폐자원인 짚류, 목재부산물, 가축분 등에 균류(菌類, fungi)를 발효시켜 사료나 기타 자원으로 이용할 경우는 상당량의 섬유소 분해뿐만 아니라 균류 단백질(fungal protein)의 생산도 동시에 이루어져 폐자원의 재활용 가치를 증진시킬 수 있다.<sup>7,8,9</sup>

이에 본 연구에서는 보다 효율적으로 우분을 반추가축사료 또는 기타 원료로의 재활용방안을 개

발하고자 우분과 톱밥의 혼합물에 성장력이 매우 왕성한 균류(*Formiella fraxinea*)인<sup>8,9)</sup> 균사(菌絲, mycelim)를 이용한 발효를 실시하고 발효물의 일부 사료적 가치를 평가하여 그 결과를 보고하는 바이다.

## 2. 실험재료 및 방법

### 2.1 우분 및 톱밥

우분은 충남대학교 부속동물사육장 착유우사육장에서 당일 배설된 착유우의 생 우분을 사용하였고, 톱밥은 대전시 근교 제재소에서 생산된 비교적 가격이 저렴하고 구입하기 용이한 풍건 침엽수 톱

밥을 사용하였다. 우분과 톱밥의 화학적조성은 [Table 1]과 같다.

### 2.2 우분-톱밥혼합물 조제

우분과 톱밥의 혼합물을 혼합물의 수분함량을 50~80%로 조절하기 위하여 이용하였는데 우분과 톱밥비율은 [Table 2]와 같고 수분 50%혼합물(M50)은 우분 57:톱밥 43%, 수분 55%(M55)은 우분 64:톱밥 36%, 수분 60%(M60)은 우분 70:톱밥 30%, 수분 65%(M65)은 우분 76:톱밥 24%, 수분 70%(M70)은 우분 83:톱밥 17%, 수분 75%(M75)는 우분 90:톱밥 10% 그리고 수분 80%(M80)은 우분 96:톱밥 4%의 혼

[Table1] Chemical Composition of Cow Manure and Sawdust

Nutrient	Cow manure	Sawdust
	..... (% of DM <sup>1</sup> ) .....	
Moisture, %	82.5	6.7
Crude protein	17.6	3.2
Ether extract	2.1	0.9
Crude fiber	16.5	51.8
Crude ash	10.8	0.4
NFE <sup>2</sup>	53.0	43.7
Neutral detergent fiber	71.3	97.1
Acid detergent fiber	33.5	79.0

<sup>1</sup>Dry matter

<sup>2</sup>Nitrogen free extract, calculated.

[Table2] Formulation Ratio for the Mixtures of Fresh Cow Manure and Air Dried Sawdust

Mixtures	Moisture (%)	Ratio	
		Cow manure	Sawdust
M50	50	56.9(9.9)	43.1(40.2)
M55	55	63.7(11.1)	36.3(33.9)
M60	60	69.9(12.2)	30.1(28.1)
M65	65	76.5(13.4)	23.5(22.0)
M70	70	83.0(14.5)	17.0(15.9)
M75	75	89.5(15.6)	10.5(9.3)
M80	80	96.1(16.8)	3.9(3.7)

( ): Content of Dry matter

합물을 제조하였으며 [Table 2] 각 처리당 2반복으로 개당 약 200g의 혼합물을 사용하였다.

### 2.3 발효균사 및 배양

혼합물 발효에 사용할 미생물은 본 연구자의 실험실에 보유하고 있는 *Formitella flaxinea*를 이용하였다.<sup>8,9)</sup> 균사는 2% destrose-0.5% yeast extract 액상배지에 종균을 배양하는데 배양액 100ml를 250ml Erlenmyer flask에 넣고 sponge 마개를 한 후 121℃에서 20분간 멸균한 후 냉각시켰다. 그 후 소량의 미생물을 접종하여 29℃ 진탕배양기에서 배양한 후 우분뜰밥 혼합물에 접종하였다.

### 2.4 균사접종 및 발효

혼합물 각 200g 처리당 2반복으로 알루미늄 접시에 넣고 전술한 바와 같이(2.3) 멸균한 다음 29℃에서 0, 2, 4 주간 발효를 실시하였다.

### 2.5 사료가치 평가

균사에 의한 혼합물의 발효로 인하여 변화하는 영양소함량의 분석은 AOAC<sup>3)</sup> 방법에 준하여 실시하였다. 각 발효물의 소화율은 발효혼합물과 비발효혼합물 사이에 건물소화율 변화를 측정하기 위하여 in vitro 방법<sup>14)</sup>을 이용하여 측정하였다.

### 2.6 통계분석

실험결과에 대한 통계분석은 Statistical analysis system의 General linear models를 사용하였으며, 각 처리의 수분함량 및 발효와 비발효 평균 간의 유의성은 DMRT(Duncan s multiple range test)에 의해 5%수준에서 검정하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 단백질 함량 변화

조단백질(粗蛋白質, crude protein; CP)은 사료 내 주요 영양소의 하나이므로 발효에 의한 혼합물 내의 단백질 함량의 변화를 분석한 결과[Table 3] 발효가 되지 않은 상태(0주)에서 M50에서는 건물 기준 4.2%인 것이 우분함량의 비율이 높을수록 단백질 함량이 증가를 보여 M80에서는 13.90%로 나타났다. 발효에 의한 단백질 함량 변화는 수분함량 70%(M70)까지는 단백질 함량이 증가하는 경향을 보였고 75% 및 80%(M75 및 M80)에서는 감소하는 경향을 보였다. 그러나 전반적으로 발효에 의한 단백질함량 변화는 나타나지 않았다 (P>0.05).

수분함량이 적은 혼합물에서의 단백질함량의 증가는 균사에 의하여 일부 질소를 이용 균사체가 합성되기 때문이며 수분함량이 높은 경우는 균사체

[Table 3] The Crude Protein Contents in Cow Manure-Sawdust Mixture Fermented by a Fungal Mycelcelium of *Formitella Flaximea*

Mixtures	Fermentation time(WK)		
	0	2	4
	..... (% of DM) .....		
M50	4.20 <sup>g</sup>	4.46 <sup>fg</sup>	4.64 <sup>efg</sup>
M55	5.05 <sup>d-g</sup>	4.64 <sup>efg</sup>	5.14 <sup>c-g</sup>
M60	5.95 <sup>a-g</sup>	5.57 <sup>b-g</sup>	6.22 <sup>a-g</sup>
M65	6.95 <sup>a-g</sup>	7.75 <sup>a-g</sup>	7.73 <sup>a-g</sup>
M70	9.27 <sup>a-g</sup>	9.33 <sup>a-g</sup>	9.47 <sup>a-g</sup>
M75	10.30 <sup>a-d</sup>	9.93 <sup>a-e</sup>	9.58 <sup>-g</sup>
M80	13.90 <sup>a</sup>	11.16 <sup>abc</sup>	12.23 <sup>ab</sup>

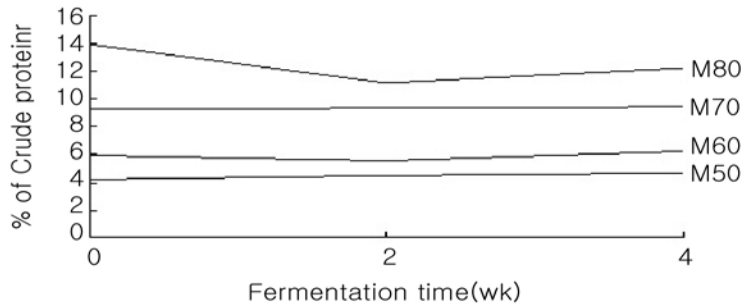
<sup>a-g</sup>Means in a column and a row followed by a common superscript letters are not significantly different at the 5% level by DMRT(Duncan s multiple range test).

의 성장이 떨어지는 것으로 추측된다. 우분의 비율이 높으면 단백질함량이 높아지고 톱밥함량비율이 높으면 단백질 함량이 낮아지는 이유는 우분에는 건물기준 조단백질 함량이 17.6%인데 반하여 톱밥에는 3.2%로 낮기 때문인 것으로 판단된다 [Table 1]. 착유우 우분의 CP함량 건물기준 17%<sup>11)</sup> 또는 12.7%<sup>4)</sup>로 보고되었으며 이는 본 연구에서 원료로 사용한 착유우 우분의 CP 함량 17.6% [Table 1]와 유사 또는 차이가 있었으며 혼합물의 CP함량은 CP함량이 낮은 톱밥(3.2%)의 비율에 따라 달라졌다고 판단되었다. 균류에 의한 발효는 원료내의 질소화합물을 균류단백질로 전환하는 효과가 있었으나<sup>7)</sup> 전반적인 질소량을 증가시

키는 것이 아니므로 우분을 함유한 발효물의 단백질 함량의 증진을 위해서는 균류가 적응할 수 있는 최대의 범위에서 요소(尿素, urea) 등 질소원을 첨가해주는 방법도 앞으로 연구되어야 할 것이다.[Fig. 1]

### 3.2 중성세제섬유소 함량 변화

우분-톱밥 혼합물의 균사 발효에 의한 중성세제섬유소(中性洗劑纖維素, neutral detergent fiber; NDF) 함량 변화는 [Table 4]와같이 나타났다. 비발효 혼합물의 NDF함량은 우분함량비율이 높을수록 낮아지고 톱밥함량 비율이 높을수록 높아지는데 이는 우분보다 톱밥의 NDF함량(71.3 과



[Fig. 1] Change in crude protein contents in mixtures during fermentation by a fungal mycelium of *formitella flaxinea*.(M80, M70, M60 and M50; mixtures with different moisture contents 80, 70, 60 and 50%).

[Table 4] Change in Neutral Detergent Fiber Contents of Cow Manure-Sawdust Mixtures Fermented by a Fungal Mycelium of *Formitella Flaximea*

Mixtures	Fermentation time(WK)		
	0	2	4
	..... (% of DM) .....		
M50	91.1 <sup>a</sup>	91.1 <sup>a</sup>	90.6 <sup>ab</sup>
M55	91.4 <sup>a</sup>	88.7 <sup>bc</sup>	87.4 <sup>cd</sup>
M60	89.9 <sup>ab</sup>	87.0 <sup>cd</sup>	85.3 <sup>def</sup>
M65	86.3 <sup>de</sup>	84.1 <sup>fg</sup>	82.1 <sup>ghi</sup>
M70	84.3 <sup>ef</sup>	83.1 <sup>fgh</sup>	80.4 <sup>ij</sup>
M75	82.0 <sup>hi</sup>	80.1 <sup>ij</sup>	79.1 <sup>j</sup>
M80	79.4 <sup>i</sup>	78.4 <sup>jk</sup>	76.4 <sup>k</sup>

<sup>a-k</sup>Means in a column and a row followed by a common superscript letter are not significantly different at the 5% level by DMRT.

97.1%)이 높기 때문이다[Table 1]. 발효에 의하여 NDF함량은 낮아지는데 수분함량이 높을수록 즉 우분의 비율이 높은 처리에서 낮아지는 비율이 증가한다(P<0.05). 이는 우분의 NDF의 분해율이 톱밥보다 높기 때문으로 판단된다. 전반적으로 보아 발효에 의하여 NDF의 분해율이 높지 않은 경향은 균사가 일부 미생물 hemicellulose를 합성하기 때문으로 판단된다. 즉 NDF의 주성분은 lignin, cellulose 및 hemicellulose는 미생물 특히 균류에서 합성되는 것으로 알려져 있다. 본래 축우를 비롯한 반추가축은 NDF의 소화력이 비교적 높으나 사료내 NDF함량이 높으면 사료섭취율이 떨어진다. 따라서 혼합물내의 NDF함량을 낮추는 기술의 개발이 요구된다.

착유우분의 NDF함량은 건물기준 77.7~83.5%였다는 보고<sup>1)</sup> 보다는 본 연구의 원료인 착유우분의 NDF함량 71.3%[Table 1]로 낮았으나 톱밥의 NDF함량(97.1%)이 높아 혼합물의 NDF함량도 톱밥의 비율이 높을수록 높게 나타났다. 발효혼합물의 NDF함량이 줄어든 것은 균사에 의한 NDF성분이 감소된다는 보고<sup>7)</sup>와 일치한다고 판단된다.

### 3.3 산성세제섬유소 함량 변화

균사에 의한 발효로 산성세제섬유소(酸性洗劑纖維素, acid detergent fiber; ADF)의 함량변화를

규명한 결과는 [Table 5]에 나타난 바와 같다. 혼합물의 ADF함량은 NDF[Table 4]에서와 비슷한 경향으로 우분의 함량 비율이 높으면 줄어 들고 톱밥의 함량비율이 높으면 증가된다. 이는 발효로 인하여 ADF함량 변화는 발효혼합물에서 현저히 증가하고 있다(P<0.05). 이와 같은 결과는 발효혼합물에서는 섬유소 이외의 에너지 발생 영양소 즉 가용무질소물(NFE) 등의 분해로 인하여 이들 성분이 줄어들면서 상대적으로 소화가 안 되는 ADF의 함량이 증가된 것으로 판단된다. ADF의 주요 구성 성분은 lignin과 cellulose로 특히 lignin은 미생물효소에 의해서도 분해가 잘 안되고 cellulose도 cellulose 분해효소를 분비하는 미생물에 의해서만 일부 분해되는 것으로 알려져 있다.

균류에 의하여 ADF성분중 lignin도 분해되는 경우가 있으나<sup>7)</sup> 본 연구 결과 발효에 의해 ADF가 증가되는 경향을 보인 것과는 일치하지 않았다. 본 연구의 원료로 사용된 우분의 ADF함량은 33.5%; 톱밥은 79.0%로 나타나[Table 1] 혼합물의 ADF함량은 이들 원료의 비율에 따라 다른데 이미 보고된 착유우분의 ADF함량 50.1~60.0%<sup>1)</sup>와 본 연구에서 분석된 M75의 ADF함량과 유사하다고 판단된다.

### 3.4 혼합물의 in vitro 소화율 변화

[Table 5] Change in Acid Detergent Fiber Content of Cow Manure-Sawdust Mixtures Fermented by a Fungal Mycelium of *Formitella Flaximea*

Mixtures	Fermentation time(WK)		
	0	2	4
	..... (% of DM) .....		
M50	70.2 <sup>cd</sup>	73.8 <sup>ab</sup>	75.8 <sup>a</sup>
M55	68.5 <sup>cde</sup>	70.2 <sup>cd</sup>	73.0 <sup>b</sup>
M60	67.8 <sup>ef</sup>	68.9 <sup>cde</sup>	70.4 <sup>c</sup>
M65	62.2 <sup>h</sup>	65.2 <sup>g</sup>	68.1 <sup>def</sup>
M70	61.7 <sup>h</sup>	65.3 <sup>g</sup>	67.6 <sup>ef</sup>
M75	57.3 <sup>i</sup>	58.8 <sup>i</sup>	66.0 <sup>fg</sup>
M80	56.3 <sup>i</sup>	58.0 <sup>ij</sup>	59.0 <sup>i</sup>

<sup>a-k</sup>Means in a column and a row followed by a common superscript letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.

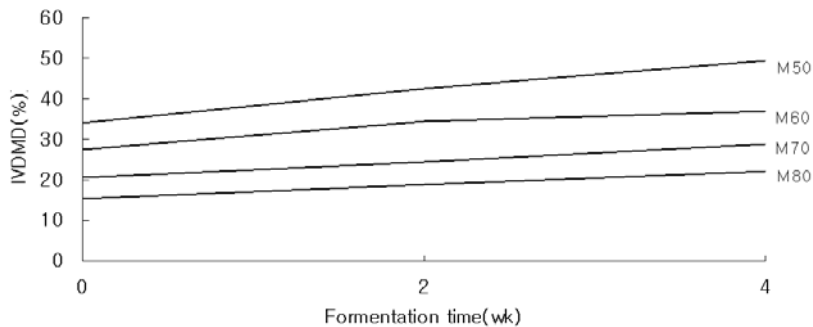
사료를 평가할 때 가장 중요한 항목의 하나가 소화율(消化率, digestibility)이다. 본 연구에서는 시험관내 건물소화율(試驗管内 建物消化率, in vitro dry matter digestibility; IVDMD)<sup>14)</sup>을 측정하였다. 단백질 함량을 제외하고 모든 사료의 에너지 함량은 큰 차이가 없으나 사료의 가치는 주로 소화율에 의하여 좌우된다. 혼합물의 발효전 및 발효후의 소화율은 [Table 6] 및 [Fig. 2]에 나타난 바와 같다. 혼합물의 소화율은 우분함량이 높아질수록 수분함량은 증가하는 반면 소화율은 떨어지는 것을 볼 수 있다. 이는 2가지 이유가 있는 것

으로 해석되는데 첫째, 우분은 이미 가축 소화기관에서 소화가 되지 않은 물질로 다른 미생물에 의해서도 분해가 잘 안 되는 것으로 추측되며, 둘째, 혼합물의 수분함량이 높으면 균사의 성장이나 분해능력이 저하되는 것으로 판단된다. 수분함량이 낮은 상태 즉 우분함량이 상대적으로 낮은 상태인 M50에서는 발효전 소화율이 34%였던 것이 발효 후 50%정도까지 증가되었다(P<0.05). 또한 M65, M60, M55에서 소화율이 10% 이상 증가된 것을 볼 수 있다(P<0.05). 따라서 혼합물의 균류 발효는 수분함량이 65%(M65) 이하에서

[Table 6] In Vitro Dry Matter Digestibilities(IVDMD) of Cow Manure-Sawdust Mixtures Fermented by a Fungal Mycelium of *Formitella Flaximea*

Mixtures	Fermentation time(WK)		
	0	2	4
	..... (% of DM) .....		
M50	34.1 <sup>cf</sup>	42.6 <sup>abc</sup>	49.4 <sup>a</sup>
M55	29.1 <sup>d-g</sup>	37.4 <sup>bcd</sup>	44.0 <sup>ab</sup>
M60	27.5 <sup>f-j</sup>	34.5 <sup>e-f</sup>	36.8 <sup>b-e</sup>
M65	22.9 <sup>g-k</sup>	29.4 <sup>d-h</sup>	35.8 <sup>d-f</sup>
M70	20.6 <sup>ijk</sup>	24.5 <sup>g-j</sup>	28.6 <sup>e-i</sup>
M75	20.9 <sup>h-k</sup>	22.6 <sup>g-k</sup>	24.1 <sup>g-j</sup>
M80	15.4 <sup>k</sup>	18.9 <sup>jk</sup>	22.3 <sup>g-k</sup>

<sup>a-k</sup>Means in a column and a row followed by a common superscript letters are not significantly different at the 5% level by DMRT.



[Fig. 2] Change in in vitro dry matter digestibilities(IVDMD) of cow Manure-sawdust mixture fermented by a fungal mycelium *formitella flaximea*.

(M50, M60, M70 and M80; mixtures with different moisture contents, 50, 60, 70 and 80%).

50%(M50) 정도까지가 적당한 범위로 판단되었다. 그러나 다른 균류 발효를 위한 질류의 적정 수분 함량은 65~75%<sup>7)</sup>로 보고되어 본 연구에 사용한 균류 성장을 위한 우분-톱밥혼합물의 수분함량과 일치하지 않았다. M50에서 4주간 발효에서 거의 50%의 IVDMD를 보였는데 반하여 Anthony<sup>1)</sup>는 착유우분의 소화율은 46.67%였고 멸균처리한 우분의 소화율은 45.56%라고 보고하여 M50의 경우 높은 소화율을 보였다.

#### 4. 결론

균류인 *Formitella flaxinea* 균사에 의한 우분-톱밥의 발효사료제조를 통하여 우분을 사료로의 재활용하는 방안을 연구하였다. 생우분과 건조톱밥의 비율을 수분함량 50~80% 사이로 5% 간격으로 처리한 후 사료로서의 가치를 분석한 결과 수분함량이 적은 70%(M70), 75%(M75) 및 80%(M80) 이하에서 단백질 함량이 약간 증가하는 경향을 보였다. 그러나 발효에 의한 조단백질의 함량 변화는 미미하였다. 중성세제섬유소(NDF) 및 산성세제섬유소(ADF) 모두 발효에 의해 약간 감소 또는 증가하는 경향을 보였다. in vitro 건물 소화율에서는 수분함량이 낮은 M65이하에서 소화율이 현저하게 증가되었으므로 우분과 톱밥의 혼합비율은 M50, M55, M60 및 M65 범위에서 발효를 실시하는 것이 효과적인 것으로 판단되었다. 소화율은 60%까지 증가시키기 위해서는 앞으로 더 많은 연구가 필요하며 M50-65의 경우도 실제 동물실험을 실시하여 실용화 여부의 판단이 요구된다. 한편 균류 배양물은 영양공급 이외에 아직 동물에게 규명되지 않은 특수한 생산효과<sup>6)</sup> 및 우분의 색채변화, 악취제거<sup>8,9)</sup> 등의 효과도 기대된다. 아울러 발효혼합물을 기타 제품의 생산원료 등으로 재활용하기 위해서는 ethanol발효<sup>7,12)</sup> 또는 alga meal<sup>16)</sup> 생산의 연구등의 수행이 기대된다.

#### 참고문헌

1. Anthony, W. B. and R. Nix. Feeding potential of reclaimed fecal residue. *J. Dairy Sci.* 45, 1538~1539 (1962).
2. Anthony, W. B. Feeding value of cattle manure for cattle. *J. Anim. Sci.* 30, 274~277 (1970).
3. Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis. 15th ed. Washington D. C. (1990).
4. Bhattacharya, A. N. and J. C. Taylor. Recycling animal waste as a feedstuff: a review. *J. Anim. Sci.* 41(5), 1439~1457 (1975).
5. Fentenot, J. P. 1981. The nutritional value and methods of incorporating animal wastes into rations for ruminants. In Huber. Upgrading residues and by-products for animals. CRC Press. Inc. London.
6. Huber, J. T. Fungal additives lactating cows. *Pacific North West Animal Nutr. Conf.* p. 1. (1987).
7. Jalč, D. Straw enrichment for fodder production by fungi. *The Mycota XI*, 10~38 (2002).
8. Kim, Y. K. and D. J. Schingoethe. Washed cow manure fermented by a fungal myelium as a feedstuff. *J. Dairy Sci.* (Suppl. 1), 261 (1997).
9. Kim, Y. K. and D. J. Schingoethe. Changes in fiber content and in vitro rumen dry matter diestibilities of cow manure-saw dust mixtures fermented by a fungal mycelium. *J. Dairy Sci.* 82(Suppl. 1), 86 (1999).
10. Lanyon, L. E. Dairy manure and plant management issues affecting water quality and the dairy industry. *J. Dairy Sci.* 77(7), 1999~2007 (1994).
11. Müller, Z. O. Feed from animal waste: feeding manual. FAO. Rome. (1982).



12. Palz, W., P. Chartier, and B. O. Hall. Energy from biomass. Applied Sci. Pub. LTD. London. (1981).
13. Sigh, A., P. K. R. Kumar and K. Schügerl. Bioconversion of cellulosic materials to ethanol by filamentous fungi. Adv. Biochem Engin/Biotechnol. 45, 30~52 (1992).
14. Tilley, J. M. A. and R. A. Terry. A two-stage technique for the in vitro digestion of forage crops. J. Brit. Grass. Soc. 18, 104~111 (1963).
15. Van Horn, H. H., A. C. Wilkie, W. J. Powers and R. A. Nordstedt. Components of dairy manure management systems. J. Dairy Sci. 77(7), 2008~2030 (1994).
16. 김용국, 은정식, 김상덕. 젖소 폐기물에서 생산된 algae meal의 화학 적조성 및 사료적 가치. 한국유기성폐자원학회지. 6(1), 75~85 (1998). 