

## 고농후사료에 대한 목탄 및 활성탄의 첨가 수준이 인공위내 소화율, 휘발성 지방산 및 개스 생산량에 미치는 영향

이수기 · 차상우 · 김선균<sup>1</sup>

### Effects of Activated Carbon and Charcoal on *in vitro* Nutrient Disappearances and Ruminal Fermentation Characteristics

Soo-Kee Lee · Sang-Woo Cha · Sun-Kyun Kim<sup>1</sup>

#### ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of the addition of activated charcoal (AC) and oak charcoal on *in vitro* ruminal fermentation characteristics, nutrient disappearance, and ruminal gas production. AC and oak charcoal were added at the levels of 0.50, and 1.00 % to experimental diet (roughage/concentrate ratio : 2/8). Ruminal pH and ammonia-N tended to increase by adding AC ( $P < 0.05$ ). But oak charcoal did not affect the ruminal pH and ammonia-N. Although not significant, ruminal total VFA and molar percentage of butyric acid tended to decrease in AC diets, but molar percentage of acetate and propionate were not affected by adding AC. Ruminal degradation of dry matter, crude protein, NDF, and ADF in AC diets tended to increase than in non-AC diet, however, no tendency in ruminal degradation of hemicellulose was observed. Ruminal gas production tended to increase in the AC and oak charcoal diets ( $P < 0.05$ ). Although there appeared some beneficial effects in adding AC to ruminant diets in this study, more works should be

---

본 연구는 2001년도 충남대학교 자체연구비 지원에 의하여 수행되었음.

충남대학교 농과대학 동물자원학부(Division of Animal Science and Resources, Chungnam National University, Daejeon, Korea/ZIP:305-764)

<sup>1</sup>우송정보대학 동물과학과(Dept. of Animal Science, Woosong Information College, Daejeon, Korea/Zip:305-715)

---

done with AC before we can make clear conclusion on the use of AC in the ruminant diets.

**Key words** : *in vitro*, activated charcoal, pH, ruminal fermentation characteristics, nutrient degradation)

## 서 론

우리나라의 축산업은 시장의 완전개방을 맞이하여 국제경쟁력을 갖추기 위한 총체적 전략이 요구되고 있다. 각 분야별로 여러 가지 방법이 있겠으나 반추가축의 사양면에서 보면, 우수한 품질의 조사료를 확보하고 효율적으로 공급하는 것이 중요한 두말할 나위가 없다.

그러나 가축에게 양질의 조사료를 충분히 급여하지 못하는 이유는 조사료 확보의 어려움과 사양체계상의 문제를 들 수 있겠다. 이러한 이유 중 전자는 일단 제외하더라도 사양체계상으로 보면 고급육 생산을 위한 한우와 산유량이 많은 젖소의 경우 농후사료의 과다급여를 피하기 어려운 것이 사실이다. 그러나 이것이 축우의 생리현상 및 고유섭생에는 상당히 역행하고 있지만, 차선택으로 선택되어진 방법이라고 볼 때 적절한 대안을 제시하기 위한 연구가 필요하다고 생각된다.

농후사료의 지나친 급여의 예로써 한우의 고급육, 즉 지방 교잡육의 생산을 들 수 있다. 지방 교잡육의 경우 혈당 및 VFA 생산량을 많게 하고, 갑상선 기능을 저하시키기 위해서는 농후사료의 다량급여가 불가피하다. 만일 혈중의 당 및 VFA 농도가 떨어지게 되면 성장호르몬의 분비가 증가하여 지방교잡을 저해하게 된다. 한우뿐만 아니라 젖소의 경우에도 경영상 일정한 산유량을 유지하기 위하여 농후사료를 지나치게 급여하게 된다. 이

로 인하여 제 1위내에서 생산된 과잉의 산으로 인하여 만성 산독증·제1위의 기능실조·반추위의 부전각화증 등 여러 가지 소화기 질병을 유발하게 되어 생산성 저하는 물론 심한 경우 경제적 수명까지 단축시켜 많은 손실을 가져오고 있다.

그리하여 이에 대한 대비책의 일환으로서 농후사료에 목탄 및 활성탄을 첨가하는 실험이 수행되고 있다. 활성탄이란 목탄을 고온에서 제조한 후, 산 용액·물·알칼리 용액으로 각각 세척한 후 건조·분쇄하여 만드는 것으로, 그 구성이 탄소로 되어 있기 때문에 유기화합물을 잘 흡착하는 성질을 가지고 있다. 그리고 다공질이어서 비표면적이 넓은데, 제조방법이나 보존방법 등에 따라 다르지만 700-1500 m<sup>2</sup>/g 정도 된다(北原, 1984). 또한 활성탄은 별다른 부작용이 없는 천연물이라는 장점이 있다. 근래에 반추가축에 대한 활성탄의 이용가능성에 대하여 여러 가지 긍정적인 보고가 있다. 활성탄 급여에 의한 소의 증체율 향상에 유의한 효과를 관찰할 수 없었다는 보고(Garillo 등, 1994)도 있지만, Tobioka와 Garillo(1994)는 활성탄이 소의 증체량을 유의하게 증가시켰다고 하였으며, Garillo 등(1995) 및 飛岡(1997)은 면양에 있어 건물소화율을 증가시키는 경향이 있었다고 보고하였다. 또한 이 등(1999)도 *in vitro* 시험에서 활성탄의 첨가가 영양소소화율을 향상시킴을 확인하였다. 그리고 토티 등(1991)은 *in vitro* 시험에서 20 mmol/dl 농도의 유산을 함유하는 위액에 활성탄을 첨가하

여 유산 농도를 검출한계 이하로 저하시켰다. 앞에 언급한 내용에서 보듯이 활성탄의 이용에 관한 연구는 아직 초보적 단계이지만 앞으로 많은 연구가 요구되는 부분이라고 생각된다.

아직, 활성탄이 가축의 사료첨가제로서의 기능이 확실하게 확립되어있지 못한 상태이지만, 일부 축산 농가에서는 사용되고 있다. 즉, 효과적인 사용량·투여법 등 이용방법에 대하여 명확하게 밝혀지지 않은 상태에서 무분별하게 사용되고 있는 실정이다. 따라서 본 실험에서는 목탄과 활성탄을 고농후사료에 첨가하여 인공위 조건에서 소화율, 휘발성 지방산 및 개스 생산량에 대하여 조사하고 그 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

### 1. 공시재료 및 실험 설계

농후사료는 시중에서 유통되는 비육우용 배합사료를 사용하였고, 조사료는 오차드 건초를 직경 1mm의 체를 통과할 정도로 분쇄하여 공시하였으며, 농후사료/조사료 혼합비는 8:2로 하였으며 화학적 조성은 Table 1과 같다. 그리고 첨가제는 지름이 1mm 정도인 야자각탄과 참나무 숯을 사용하였다.

실험구는 대조구, 목탄 0.5% 및 1% 첨가구, 그리고 활성탄 0.5% 및 1% 첨가구의 5처리(Table 2)를 두었으며, 5반복으로 실시하였다.

### 2. 배양액의 준비

건강한 한우로부터 채취된 위액을 4겹의 cheese cloth로 여과하여, 인공타액(Tilley와 Terry, 1963)과 함께 실험 장치에 투입하여 사용하였다.

Table 1. Chemical composition of concentrate and orchardgrass hay in the experiment

Experimental materials <sup>1</sup>	Crude protein	Crude fat	NDF	ADF	Hemicellulose
----- % -----					
Concentrate <sup>2</sup>	14.0	3.0	12.0	8.6	4.6
Orchardgrass hay, ground	14.0	3.0	60.2	26.6	33.6

<sup>1</sup> Dry matter basis.

<sup>2</sup> Formula : Yellow corn, 45.5%; wheat, 25.3%; wheat bran, 6.0%; gluten feed, 6.5%; soybean meal, 4.5%; cottonseed meal, 6.5%; rapeseed meal, 2.0%; limestone, 1.0%; urea, 1.5%; vitamin-mineral mix., 0.5%; salt, 0.7%.

Table 2. Experimental design

Addition level	Treatments				
	T1	T2	T3	T4	T5
Activated carbon (%)	0	0.5	1.0	0	0
Oak charcoal (%)	0	0	0	0.5	1.0

### 3. 조사항목 및 방법

#### 1) 위액의 pH

위액의 pH는 배양이 끝난 후 곧바로 pH meter로 측정하였다.

#### 2) 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산

암모니아태 질소 및 휘발성 지방산은 시료를 Tilley와 Terry(1963)의 방법으로 배양한 후 4°C에서 18,000×g로 15분간 원심분리를 하여 상층액을 수거한 후 암모니아와 휘발성 지방산 분석용 시료로 사용하기 위하여 -20°C에 보관하였다. 배양액중의 암모니아태 질소는 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 따라 측정하였다.

휘발성 지방산은 Erwin 등(1961)의 방법으로 gas chromatography로 정량하였는데, 시료는 다음

과 같은 방법으로 처리하였다. 채취된 위액은 4°C에서 20분간 20,000×g로 원심 분리하였다. Internal standard method 는 Cottyne와 Boucque(1968)의 방법을 사용하였다. 5mL의 pivalic acid(10mM: internal standard)를 0.5mL의 25%(wt/vol) polyphosphoric acid가 가해진 2.5mL의 정제된 위액 시료(또는 standard)에 첨가한 후, vortex mixer로 잘 혼합하였다.

그 후 0.25mL의 12N NaOH를 각 튜브에 넣고 vortexing 하였다. 이어서 0.6mL의 0.24M oxalic acid를 각 샘플에 넣고 뚜껑을 닫은 후 잘 혼합하였다. 실온에서 15분 경과 후 위의 방법으로 원심 분리하였다. GC vial에 넣기 전 각 샘플은 0.2- $\mu$ m Acrodisc syringe filter(Gelman Sciences, Ann Arbor, MI)로 여과하였다. 그리고 나서 FID가 장착된 GC(Shimadzu 17A)로 분석하였다. Column 은 Carbowax column(2mm id. ×2m glass column:80/120 Carbopack B-DA/4% 20M: Supelco, Bellefonte, PA)을 사용하였다.

Chromatographic condition은 column 온도 175°C, injector 및 detector 온도 200°C, N<sub>2</sub> carrier gas 23mL/min, injection volume 0.2 $\mu$ L 로 하였다.

### 3) 건물 및 영양소 소실율

반추위내의 건물·조단백질·조지방·NDF·ADF 및 hemicellulose의 소실율은 filter bag (4×5cm)에 0.5g씩의 시료를 넣고 전기 봉합기로 밀봉한 다음, 완충액과 위액이 담겨 있는 *in vitro* rumen fermenter(Daisy II incubator: ANKOM Technology Co.)에 넣어 39°C에서 48시간 동안 배양하였다. 배양이 끝난 후 filter bag을 물로 충분히 세척한 다음 건조시켜 DM 소실율을 구하였으며, 그 후 영양소 소실율을 측정하기 위한 시료로 사용하였다. 건물 및 영양소 소실율의 측정에 있어

단백질·지방은 AOAC(1990) 방법으로, NDF 및 ADF의 소실율은 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석한 후 배양 전의 함량과 배양 후의 함량 차에 의하여 백분율로 구하였다.

### 4) 가스 생산량

가스 생산량은 Tilley와 Terry(1963)의 *in vitro* 소화율 측정 방법에 준하였으며, 이때 사용되는 원심관의 마개에 50mL 용량의 유리로 만들어진 포집기를 연결하고 24시간 동안 발생된 가스를 정량하였다.

### 4. 통계처리

본 시험에서 얻어진 data의 통계분석은 각 처리의 평균치에 대하여 ANOVA 검정을 하여, 유의성이 인정되는 부분은 Duncan(1955)의 신다중검정법으로 5%수준에서의 유의성을 검정하였다.

## 결과 및 고찰

활성탄의 첨가가 반추위내의 pH·NH<sub>3</sub>-N·total VFA·VFA molar % 및 C<sub>2</sub>/C<sub>3</sub> ratio에 미치는 영향은 Table 3에 나타낸 바와 같다.

pH는 활성탄 첨가구가 대조구와 목탄구에 비하여 유의하게 증가하였다. Garillo 등(1994)도 성숙한 산양의 시험에서 본 논문과 유사한 경향을 관찰한 바 있으며, Garillo 등(1995) 또한 골든햄스터에게 활성탄을 급여하였을 때 전위(forestomach) 및 맹장의 pH를 상승시켰다고 보고하였다. 이 결과들은 활성탄의 흡착력 외에 완충력에 의한 결과는 아닌지 주목할 필요가 있다고 생각된다. 그러나 대조구와 목탄구 사이에는 유의한 차이가 인정되지 않았다. 그리고 본 시험의 결과에서 pH가 5.8

Table 3. Effects of activated charcoal on ruminal parameters of *in vitro* trials

Treatment <sup>1</sup>	pH	N H <sub>3</sub> - N, mg/100ml	Total VFA, mMole	VFA <sup>2</sup> , molar ratio						C <sub>2</sub> /C <sub>3</sub>
				C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	i-C <sub>4</sub>	n-C <sub>4</sub>	i-C <sub>5</sub>	n-C <sub>5</sub>	
T <sub>1</sub>	5.83 <sup>b</sup>	18.3 <sup>b</sup>	100.6 <sup>a</sup>	53.2	22.5	2.3	15.1	3.5	3.4	2.4
T <sub>2</sub>	5.98 <sup>a</sup>	19.6 <sup>a</sup>	97.3 <sup>b</sup>	52.0	24.2	2.5	14.2	4.7	2.4	2.1
T <sub>3</sub>	5.97 <sup>a</sup>	19.3 <sup>a</sup>	96.8 <sup>b</sup>	52.4	23.1	2.3	13.3	4.2	4.7	2.3
T <sub>4</sub>	5.77 <sup>b</sup>	18.7 <sup>b</sup>	100.7 <sup>a</sup>	52.4	21.8	2.6	16.0	3.8	3.4	2.4
T <sub>5</sub>	5.80 <sup>b</sup>	18.2 <sup>b</sup>	98.7 <sup>b</sup>	53.8	22.5	2.1	14.5	3.3	3.8	2.4
SEM	0.097	0.47	2.57	0.85	0.84	0.14	0.33	0.20	0.23	0.10

<sup>1</sup> Referred to Table 2.

<sup>2</sup> Acetate, propionate, iso-butyrate, butyrate, iso-valerate, and valerate are abbreviated to C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, i-C<sub>4</sub>, n-C<sub>4</sub>, i-C<sub>5</sub>, and n-C<sub>5</sub>, respectively.

<sup>a-d</sup> Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

전후로 다소 낮게 나타난 것은 *in vitro* 조건에서는 발효에 의하여 생성된 각종 산이 인공위의 조건상 흡수될 수 없고, 또한 하부 소화기관으로의 이행이 불가능하기 때문으로 생각된다. 그리고 인공위의 윗부분에 설치한 고무관의 작은 틈새 (vertical slit)로의 배출도 원활하지 못했던 것으로 사료된다.

암모니아태 질소는 활성탄 첨가에 의하여 유의하게 높아졌으며, 목탄첨가구는 무첨가구와 비교할 때 유의한 차이가 인정되지 않았다. Garillo 등 (1994)은 산양시험에서 활성탄 0.6% 첨가구가 무첨가구나 0.3% 첨가구 보다 낮은 경향을 나타내었다고 하였는데 이는 본 시험과 다소 차이가 있는 결과라고 생각된다. 이와 같은 결과는 동물체내 실험에서는 생성된 암모니아가 위벽을 통하여 흡수되는데 비하여 *in vitro* 상태에서는 생성된 암모니아가 전혀 흡수되지 못하는 데에도 하나의 원인이 있다고 생각된다.

총 VFA 량은 활성탄 첨가구가 유의하게 감소하는 결과를 보였다. 토티 등(1991)은 *in vitro* 시험에서 젖산의 농도를 20m mol/dl로 조정된 위액

400ml에 활성탄 1g을 투여하여 37°C에서 2시간 배양하였을 때 유산 농도가 0.1 m mol/dl로 저하됨을 발견하였고, 아울러 사용된 활성탄으로부터 실험 개시시의 유산의 65%가 회수되었다고 하였다. 물론, 이 결과를 본 시험의 VFA 흡착능력과 직접 비교할 수는 없지만 그 가능성에 대해서는 시사하는 바가 크다고 하겠다. 더우기 활성탄은 탄소로 구성되어 있기 때문에 유기화합물에 대하여 친화력이 크다. 그러나 활성탄에 의한 VFA의 흡착이 반드시 유리한 결과라고는 생각되지 않는다. 이는 반추위내의 상태가 고농후사료 등에 의한 발효산물의 과다에 의해 낮은 pH가 지속될 경우에는 활성탄에 의한 흡착이 이로울 수도 있지만, 정상적인 발효상태에서는 부정적 요인이 될 수도 있기 때문이다.

VFA molar ratio는 각 처리구간에 유의한 차이가 인정되지 않았다. 또한 C<sub>2</sub>/C<sub>3</sub> 비율은 유의한 차이는 아니지만 활성탄구가 다소 낮아지는 경향을 나타내었다. 한편 목탄첨가구에서도 대조구와 차이가 인정되지 않았다. Garillo 등(1995)도 면양시험에서 활성탄의 급여가 C<sub>3</sub>의 molar %를 증가시켰

다고 보고한 바 있다. 이러한 사실로 미루어 보건 때 활성탄의 급여는 반추가축의 비육에 유의한 조건을 제공할 수 있는 것으로 기대된다.

건물·조단백질·조지방·NDF·ADF 및 Hemicellulose의 소실율은 Table 4에서 보는 바와 같이 활성탄 첨가에 의하여 유의하게 증가되는 경향을 나타냈다. 그러나 활성탄의 첨가비율간에는 유의한 차이를 나타내지 않았다. 목탄첨가구에 있어서는 0.5%구보다는 1.0%구가 유의하게 높은 성적을 나타내었다. 그러나 hemicellulose의 소실율은 전구간에 유의한 차이가 없었다. 직접적으로 비교할 수 있는 데이터는 아니지만, Garillo 등(1995)은 농후사료 위주(조농비율:2:8)의 면양 사료에 활성탄을 0.3% 첨가하였을 때 DM·OM·ADF 및 NDF의 소화율을 향상시키는 경향이 있었으나 유의성은 인정되지 않았다고 하였다. Mitsuru 등(1985) 및 Siciliano와 Murphy(1989a, b)도 소에 대한 실험에서 목건초의 급여비율이 증가함에 따라 섬유소 분해균의 활동이 활발해져 섬유소 이용률이 높아진다고 하였다. 이들의 결과와 본 보의 결과가 서로 다른 데는 실험재료 및 실험조건의 차이에 의한 것으로 보여진다. 즉 본 실험에서 건물 소실율이 일반적인 동물실험의 결과(이 등, 1995)와 비교할 때 전체적으로 낮게 나타난 것은 실험 조건상 *in vitro*에서는 반추위내 VFA의 흡수가 이루어지지 않고, 이로 인하여 pH가 낮은 것도 한가지 원인일 것으로 생각된다. 일반적으로 정상적인 발효가 일어나려면 pH가 6.0정도는 유지되어야 하며(Hobson, 1972), cellulotic bacteria는 pH 6.2 이상에서 성장이 활발하며 섬유소의 소화도 6.8 정도에서 적당하다고 한다(McCullough, 1986). 그 외에도 미생물의 생육조건이 완벽할 수 없는 체외실험의 조건적인 영향이 큰 것으로 사료된다. 활성탄의 첨가가 가스 생산량에 미치는 영향은

Table 5에 나타내었다. 활성탄 및 목탄 첨가구가 대조구에 비하여 유의하게 많은 양을 나타내었으며, 활성탄 첨가구와 목탄 첨가구를 비교하면 유의한 차이는 아니지만 활성탄 첨가구가 높은 경향을 나타내었다.

Table 4. Effects of activated charcoal on dry matter and nutrient disappearance ratio *in vitro* trial

Treatment <sup>1</sup>	Nutrient disappearances(%)					
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	NDF <sup>2</sup>	ADF <sup>3</sup>	Hemicellulose
T <sub>1</sub>	58.3 <sup>b</sup>	57.3 <sup>b</sup>	57.2 <sup>b</sup>	45.5 <sup>b</sup>	42.3 <sup>b</sup>	38.2
T <sub>2</sub>	61.3 <sup>a</sup>	60.0 <sup>a</sup>	60.7 <sup>a</sup>	50.8 <sup>a</sup>	48.7 <sup>a</sup>	40.3
T <sub>3</sub>	62.6 <sup>a</sup>	60.8 <sup>a</sup>	60.8 <sup>a</sup>	50.8 <sup>a</sup>	48.1 <sup>a</sup>	39.7
T <sub>4</sub>	59.6 <sup>b</sup>	57.4 <sup>b</sup>	58.7 <sup>b</sup>	44.6 <sup>b</sup>	41.7 <sup>b</sup>	39.3
T <sub>5</sub>	60.8 <sup>b</sup>	58.2 <sup>b</sup>	59.3 <sup>a</sup>	49.1 <sup>a</sup>	46.2 <sup>a</sup>	39.6
SEM	1.05	1.17	1.12	0.98	1.02	0.97

<sup>1</sup> Referred to Table 2.

<sup>2</sup> Neutral detergent fiber.

<sup>3</sup> Acid detergent fiber.

<sup>a-d</sup> Means within a column with same superscripts are not significantly different(P>0.05).

Table 5. Effects of activated charcoal on ruminal total gas production

Treatment <sup>1</sup>	Gas production mL/day/g feed(DM)
T <sub>1</sub>	21.3 <sup>b</sup>
T <sub>2</sub>	23.1 <sup>a</sup>
T <sub>3</sub>	23.7 <sup>a</sup>
T <sub>4</sub>	22.5 <sup>a</sup>
T <sub>5</sub>	22.8 <sup>a</sup>
SEM	0.69

<sup>1</sup> Referred to Table 2.

<sup>a-b</sup> Means within a column with same superscripts are not significantly different(P>0.05).

활성탄을 첨가하게 되면 반추미생물들이 활성탄을 구성하고 있는 미세공(微細孔)에 착생하게 된다(岸本, 1991). 이러한 조건은 미생물의 번식에 유리하게 작용할 것으로 생각된다. 그리고 위 결과에서 보듯이 활성탄은 가축의 생산성을 유리하게 이끄는 경향이 있지만, 이것을 보다 확실하게 밝혀내기 위해서는 위내의 활성탄의 흡착력, 세균총 등에 대한 연구 및 많은 *in vivo* 실험도 함께 실행되어야 할 것으로 생각된다.

## 적 요

본 시험은 목탄 및 활성탄의 첨가가 사료의 반추위내 pH·발효성상·건물 및 영양소 소실율·가스 생산량에 미치는 영향을 조사하기 위하여 *in vitro* 조건에서 실시되었다. 활성탄과 목탄의 첨가 수준은 0.50% 및 1.0%의 수준이었으며, 사료의 조농비율은 오차드 건초와 농후사료 비율을 2:8로 하였다. 그리고 처리간 유의성은 5% 수준에서 검정하였다.

시험 결과를 요약하면, 위액의 pH는 활성탄의 첨가로 유의하게 높아졌다. 그리고 암모니아태 질소는 활성탄 첨가에 의하여 유의하게 높아졌으며, 목탄첨가구는 무첨가구와 비교할 때 유의한 차이가 인정되지 않았다. 또한 VFA molar ratio에서는 전구간에 유의한 차이가 인정되지 않았으며, C2/C3 비율은 유의한 차이는 아니지만 활성탄구가 다소 낮아지는 경향을 나타내었다. 그러나 목탄 첨가구에서는 대조구와 유의한 차이가 인정되지 않았다.

건물·조단백질·조지방·NDF·ADF 및 hemicellulose의 소실율은 활성탄 첨가에 의하여 유의하게 증가되는 경향을 나타냈다. 목탄첨가구에

있어서는 0.5%구보다는 1.0%구가 유의하게 높은 성적을 나타내었다. 그러나 hemicellulose의 소실율은 전구간에 유의한 차이가 없었다. 가스 생산량에 미치는 영향은 활성탄 및 목탄 첨가구가 대조구에 비하여 유의하게 많은 양을 나타내었으며, 활성탄 첨가구와 목탄 첨가구를 비교하면 유의한 차이는 아니지만 활성탄 첨가구가 높은 경향을 나타내었다.

위 결과에서 보듯이 활성탄은 가축의 생산성 향상에 유리한 조건을 제공하는 경향이 있지만, 이것을 좀 더 명확히 밝히기 위해서는 활성탄의 흡착능력·위내의 세균총에 대한 연구 및 많은 생체실험도 병행되어야 할 것으로 생각된다.

(색인 : *in vitro*, 활성탄, pH, 반추위내 발효성상, 영양소 소실율)

## 인용문헌

1. AOAC, 1990. Official Method of Analysis, 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
2. Chaney, A. L. and E. P. Marbach, 1962. Modified reagents for determination urea and ammonia. Clin. Chem, 8:130-132.
3. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1-42.
4. Erwin, E. S., G. J. Marco, and E. W. Emery, 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. J. Dairy Sci. 44:1768-1771.
5. Garillo, E. P., R. Pradah and H. Tobioka, 1994. Effects of activated charcoal on ruminal characteristics and blood profiles in mature goats. West Jpn. J. Anim. Sci. 37:85-93.

- 
6. Garillo, E. P., R. Pradahn and H. Tobioka. 1995. Effects of activated carbon on growth, ruminal characteristics, blood profiles and feed digestibility in growing sheep. Proc. Sch. Agri. Kyushu Tokai Univ. 14:57-64.
  7. Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. ARS, USDA Agric. Handbook.
  8. Hobson, P. N. 1972. Physiological characterizing of rumen microbes and relation to diet and fermentation patterns. Proc. Nutr. Soc. 31:136.
  9. McCullough, M. E. 1986. Feeding dairy cows. pp. 10-47. Wisconsin, Fort Atkinson.
  10. Mitsuru, S., K. Iwaki, and A. Abe. 1985. Effect of feeding level of concentrate on digestibility and TDN value of the ration in lactating cow. Jpn. J. Zootech. Sci. 56(10):769-773.
  11. Siciliano, J. J. and M. R. Murphy. 1989a. Nutrient digestion in the large intestine as influenced by forage to concentrate ratio and forage physical form. J. Dairy Sci. 72:471-484.
  12. Siciliano, J. J. and M. R. Murphy. 1989b. Production of volatile fatty acid in the rumen and cecum-colon of steers as affected by forage:concentrate and forage physical form. J. Dairy Sci. 72:485-492.
  13. Tilley, J. M. A., and R. A. Terry. 1963. A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. J. Brit. Grassland Soc. 18:104-111.
  14. Tobioka, H. and E. P. Garillo. 1994. Growth performance of Japanese Brown Cattle fed concentrate-based diets fortified with activated charcoal. West Jpn. J. Anim. Sci. 37:48-53.
  15. Tobioka, H. and E. P. Garillo. 1995. Growth performance of Japanese Brown Cattle fed concentrate-based diets with and without activated charcoal in practical beef operations. Proc. Sch. Agric. Kyushu Tokai Univ. 14:49-55.
  16. Tobioka, H., E. P. Garillo and M. Saeki. 1994. Effects of activated carbon on growth, ruminal characteristics and blood profiles in Japanese Brown Cattle. CLSU Scientific J. 14(2):22-28.
  17. Tobioka, H., M. Ishikura, S. Takahashi, S. K. Lee and R. Pradahn. 1998. The dirtary effects of activated and Japanese Cedar charcoal on blood profiles in growing sheep. WCAP. Proceedings(1):924-925.
  18. 北原文雄. 1984. コロイドの話. pp. 29-41. 培風館.
  19. 飛岡久彌. 1997. 和牛生産におけるアンモニア処理ワラと活性炭の利用. Seminarの資料. 日本九州東海大學.
  20. 星 欽彌, 山本輝次, 竹村直行, 左向敏紀, 小山秀一, 本好茂一. 1991. ルーメン内における乳酸の活性炭による吸着効果に関する検討. 日獣畜大研報, 40:22-28.