

활성탄 및 목탄의 첨가가 산양의 영양소 이용률 및 반추위내 발효성상에 미치는 영향

차상우 · 이수기*

Effects of Activated Carbon and Charcoal on the Nutrients Utilization and Ruminal Fermentation Characteristics in Goat

Sang-Woo Cha · Soo-Kee Lee*

ABSTRACT

This study was conducted to investigate the effects of the addition of activated charcoal (AC) and oak charcoal on the ruminal fermentation characteristics, nutrient utilization in Korean native goats. Compared to reference diet, digestibility of dry matter, and crude protein in AC and charcoal diets tended to increase. However, any tendency in ruminal degradation of crude fat was not observed. Ruminal degradation of NDF in AC diets tended to be more increased than that in non-AC diet. Although it was not significant, ADF tended to be increased in AC and charcoal diets. AC and charcoal did not affect the ruminal pH and ammonia-N. Concentration of total VFA and butyrate tended to be increased by adding AC and charcoal ($p < 0.05$). Although it was not significant, acetate/propionate ratio tended to be decreased in AC and charcoal diets. Although there appeared some beneficial effects in adding AC and charcoal to ruminant diets in this study, more works could be needed with AC before we can make clear conclusion on use of AC and charcoal in the ruminant diets.

Keywords : activated charcoal, ruminal fermentation characteristics, nutrient degradation

충남대학교 농업생명과학대학 동물자원학부(Division of Animal Science and Resources, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea)

* 교신저자 : 이수기(E-mail : leesk@cnu.ac.kr, Tel : 042-821-5775)

1. 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 중요함은 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 지방교잡육 생산을 위한 한우와 산유량이 많은 젖소의 경우 농후사료의 과다급여를 피하기 어려운 것이 사실이다. 그리고 이것이 축우의 생리현상 및 고유섭생에는 상당히 역행하고 있지만, 차선책으로 선택되어진 방법이라고 볼 때 적절한 대안을 제시하기 위한 연구가 필요하다고 생각된다.

다량의 농후사료를 급여하는 예로써 한우의 고급육, 즉 지방 교잡육의 생산을 들 수 있다. 지방 교잡육 생산의 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 지방교잡이 저해되게 된다. 한우뿐만 아니라 젖소의 경우에도 경영상 일정한 산유량을 유지하기 위하여 농후사료를 많이 급여하게 된다. 이로 인하여 제 1위내에서 생산된 과잉의 산으로 인하여 만성 산독증·제1위의 기능실조·반추위의 부전각화증 등 여러 가지 대사장애 및 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 700-1500m²/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 없었던 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 星 등(1991)은 *in vitro* 시험에서 20 mmol/dl 농도의 유산을 함유하는 위액에 활성탄을 첨가하여 유산 농도를 검출한계 이하로 저하시켰다. 앞에 언급한 내용에서 보듯이 활성탄의 이용에 관한 연구는 아직 초보적 단계이지만 앞으로 많은 연구가 요구되는 부분이라고 생각된다.

현재로서는 활성탄이 가축의 사료첨가제로서의 기능이 확실하게 확립되어있지 못한 상태이지만, 일부 축산 농가에서는 사용되고 있다. 즉, 효과적 인 사용량·투여법 등 이용방법에 대하여 명확하게 밝혀지지 않은 상태에서 무분별하게 사용되고 있는 실정이다. 따라서 본 실험에서는 목탄과 활성탄을 고농후사료에 첨가하여 우리나라 재래산

양에게 급여하고, 소화율·발효성상 등에 대하여 조사한 결과를 보고하는 바이다.

II. 재료 및 방법

1. 공시재료 및 실험 설계

본 실험을 위하여 15kg 전후의 재래산양 수컷 9두가 공시되었다. 농후사료는 시중에서 유통되는 비육우용 배합사료를 사용하였고, 조사료는 오차드그래스 건초를 공시하였으며, 농후사료/조사료 혼합비는 8:2로 하였으며 화학적 조성은 Table 1과 같다. 그리고 첨가제는 지름이 1 mm 정도인 아자각 활성탄과 참나무 숯을 사용하였다 (Table 2).

실험구는 대조구, 목탄 1% 첨가구, 활성탄 1% 첨가구의 3처리(Table 3)를 두었으며, 3반복으로 실시하였다.

Table 3. Experimental design

Addition level	Treatments		
	T ₁	T ₂	T ₃
Activated carbon (%)	0	1.0	0
Oak charcoal (%)	0	0	1.0

2. 실험동물의 관리

실험동물의 관리는 50×90×80 cm(W×L×H)의 cage에 수용하고 10일간 적응시킨 후 5 일간의 본시험을 실시하였다. 매일 09시에 완전배합사료(조사료+농후사료)를 350 g씩 급여하였고, 물은 자유롭게 먹을 수 있도록 하였다.

3. 조사항목 및 방법

1) 건물 및 영양소 소화율

반추위내의 건물·조단백질·조지방·NDF·ADF 및 hemicellulose의 소화율 측정용 시료는 시료채취기간 5일간 매일 사료급여 전에 사료섭

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

Experimental feeds ¹	Crude protein	Crude fat	NDF	ADF	Hemicellulose
Concentrate ²	14.0	3.0	13.2	8.6	4.6
Orchardgrass hay, ground	14.0	3.0	60.2	26.6	33.6

¹ Dry matter basis.

² 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. Properties of activated charcoal and oak charcoal

Hardness, %		Iodine adsorption, mg/g		Particle density, g/cm ³		Particle diameter, mm		Bulk density, g/cm ³		Surface area, m ² /g		Pore volume, cm ³ /g	
AC	OC	AC	OC	AC	OA	AC	OC	AC	OC	AC	OC	AC	OC
97	82	1,023	752	2.09	1.01	1.0	1.0	0.396	0.24	1,279	836	0.602	0.372

AC : Activated Charcoal(coconut shell) ; OC : Oak Charcoal

취량과 분배설량을 조사한 후 수집하였다. 건물 및 영양소 소화율의 측정에 있어 조단백질·조지방 함량은 AOAC(1990) 방법으로, NDF 및 ADF 함량은 Goering과 Van Soest(1970)의 방법으로 분석하였고, 소화율은 섭취량과 분배설량의 차이에 의하여 다음 공식으로 구하였다.

$$\text{소화율}(\%) = \frac{\text{영양소 섭취량}(g) - \text{분 중의 영양소}(g)}{\text{영양소 섭취량}(g)}$$

2) 위액의 암모니아태 질소 및 휘발성 지방산 채취된 위액은 4°C에서 20분간 20,000×g로 원심분리하여 시료로 공시하였다. 암모니아태 질소는 Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 따라 측정하였고, 휘발성 지방산은 Erwin 등(1961)의 방법으로 gas chromatography로 정량하였는데, 시료는 다음과 같은 방법으로 처리하였다.

Internal standard는 5 mL의 pivalic acid(10mM: internal standard)를 0.5 mL의 25%(wt/vol) polyphosphoric acid가 가해진 2.5 mL의 정제된 위액 시료(또는 standard)와 혼합한 후, vortex mixer로 잘 혼합하였다. 그 후 0.25mL의 12 N NaOH를 각 튜브에 넣고 vortexing 하였다. 이어서 0.6 mL의 0.24 M oxalic acid를 각 샘플에 넣고 뚜껑을 닫은 후 잘 혼합하였다. 실온에서 15분 경과 후 위의 방법으로 원심분리하였다. GC vial에 넣기 전 각 샘플은 0.2- μ m Acrodisc syringe filter(Gelman Sciences, Ann Arbor, MI)로 여과하고 FID가 장착된 GC(Shimadzu 17A)로 분석하였다. Column은 Carbowax column(2 mm 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, N₂ carrier gas

23 mL/min, injection volume 0.2 μ L 로 하였다.

3) 위액의 pH

위액의 pH는 시험 종료일 사료섭취 3시간 후에 stomach tube로 위액을 채취한 후 4겹의 cheese cloth로 여과한 후 곧바로 pH meter (Corning-440, UK)로 측정하였다.

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.

III. 결과 및 고찰

소화율에 미치는 영향은 Table 4에 서 보는 바와 같이 건물 소화율은 활성탄 및 목탄 첨가구가 무첨가구에 비하여 유의한 결과는 아니었지만 높은 경향을 보였다. 그리고 단백질의 소화율은 활성탄 및 목탄 첨가구가 무첨가구에 비하여 유의하게 높은 결과(p<0.05)를 나타내었다. Garillo 등(1995)은 고농후사료 급여시 DM, OM, ADF 및 NDF 소화율에 있어 유의하지는 않지만 활성탄 첨가구가 무첨가구에 비하여 향상되는 결과를 보고하였으나, Tobioka 등(1994)은 활성탄 투여에 대한 유의한 결과를 발견할 수 없었다고 하였다. 본 실험의 결과에서는 Table 5에서 보듯이 활성탄 또는 목탄 첨가구에서 pH가 다소 높은 결과를 나타내고 있으며 총 VFA의 양 또한 유의하게 적게 나타나 반추위내 미생물의 생육환경에는 유리한 조건을 제공하였다고 보여지며 이 결과 조단백질의 소화율에 긍정적인 결과를 가져왔다

고 생각된다. 이 결과는 이 등(1999, 2002)의 *in vitro* 소화율 시험에서 보듯이 건물과 조단백질의 소화율이 활성탄과 목탄의 급여로 유의하게 증가한 것과 일관성이 있는 결과라고 생각된다. 그러나 조지방, NDF, ADF 및 hemicellulose의 소화율은 유의한 증가를 나타내지 않았다. 그리고 활성탄구와 목탄구 사이에도 유의한 차이를 나타내지 않았다.

활성탄 및 목탄이 반추위의 발효성상에 미치는 영향은 Table 5에 나타내었다. pH와 반추위내 암모니아의 농도는 활성탄구와 목탄구가 무첨가구보다 다소 높은 경향을 보였으며, 총VFA

농도는 무첨가구에서 유의하게 높게 나타났다. 이 결과는 이 등(1999)의 실험에서 조단백질의 소화율이 유의하게 증가하고, 건물소화율에서도 긍정적인 성적을 나타낸 것과 유사한 결과라 하겠다. 또한 VFA의 mole 퍼센트에서 보면 C₂에 있어서는 일관된 결과를 나타내지 않았으나 C₃에 있어서는 활성탄구와 목탄구가 무첨가구보다 많은 경향을 나타내었다. 이 결과는 Garillo 등(1995)이 Suffork종 면양에 활성탄을 0.3% 급여한 시험에서 프로피온산의 유의한 증가를 관찰한 내용과 일치되는 결과이다. 그리고 C₂/C₃ 비율을 보면 활성탄구는 무처리구에 비하여 유의하게 낮

Table 4. Effects of activated charcoal on dry matter and nutrient digestibility in Korean native goats

Treatment ¹	Nutrient disappearances(%)					
	Dry matter	Crude protein	Crude fat	NDF ²	ADF ³	Hemicellulose
T ₁	68.8	67.3 ^b	71.2	49.3	46.8	39.2
T ₂	72.7	72.5 ^a	71.7	51.1	47.7	40.5
T ₃	72.3	71.8 ^a	70.2	50.6	49.3	41.3
SEM	1.22	1.32	1.24	0.74	0.72	0.73

¹ Referred to Table 3.

² Neutral detergent fiber.

³ Acid detergent fiber.

^{a,b} Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

Table 5. Effects of activated charcoal on ruminal parameters in Korean native goats

Treatment ¹	pH	NH ₃ -N, mg/100 ml	Total VFA, mMole	VFA ² , molar ratio						C ₂ /C ₃
				C ₂	C ₃	i-C ₄	n-C ₄	i-C ₅	n-C ₅	
T ₁	5.95	32.5	110.4 ^a	63.2	17.1	2.1	10.5 ^a	3.9 ^b	3.2 ^b	3.7 ^a
T ₂	5.99	35.6	107.7 ^b	62.0	19.3	2.4	8.4 ^{2b}	4.2 ^{ab}	3.7 ^b	3.2 ^b
T ₃	5.98	34.2	106.2 ^b	62.4	18.0	2.0	6.8 ^b	4.4 ^a	4.4 ^a	3.5 ^a
SEM	0.107	0.58	2.99	0.95	0.59	0.09	0.39	0.08	0.17	0.16

¹ Referred to Table 3.

² Acetate, propionate, iso-butyrate, butyrate, iso-valerate, and valerate are abbreviated to C₂, C₃, i-C₄, i-C₅, and n-C₅, respectively.

^{a,b} Means within a column with same superscripts are not significantly different (P>0.05).

은 결과($p \leq 0.05$)를 나타내었고, 목탄구도 무처리구보다는 낮은 결과였으나 유의성은 인정되지 않았다. 이 결과 또한 Tobioka와 Garillo(1994, 1995)의 시험에서 활성탄의 급여로 Japanese brown cattle 종의 증체를 개선한 결과를 뒷받침해 준다고 하겠다.

위 결과들을 종합하여 볼 때 활성탄 및 목탄의 급여로 반추가축의 생산성을 향상시킬 수 있는 가능성은 확인되었다고 본다. 그러나 이미 보고된 바와 같이 시험 조건에 따라 상반되는 결과를 보이기도 한다. 이것이 외부 환경요인이 사료처리 영향을 압도하는 것인지, 또는 어느 제한된 조건하에서만 활성탄의 영향이 발현되는가에 대하여 추가연구가 요구된다고 하겠다. 그리고 여기에 대한 경제성 여부도 검토되어야 할 것으로 사료된다.

IV. 적 요

본 시험은 활성탄 및 목탄의 첨가가 사료의 소화율, 반추위내 pH·발효성상에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시하였다.

한국재래산양에 대한 급여 실험을 실시하였는데, 활성탄과 목탄의 첨가수준은 1.0% 수준이었으며, 조사료/농후사료 비율은 오차드그래스 건초와 농후사료를 2:8로 하였다. 시험에 공시된 동물은 대사케이지에 수용하여 매일 09시에 사료를 급여하였다.

시험 결과를 요약하면 건물 소화율은 활성탄 및 목탄 첨가가 무첨가구에 비하여 유의한 결과는 아니었지만 높은 경향을 보였다. 그리고 단백질의 소화율은 활성탄 및 목탄 첨가가 무첨가구에 비

하여 유의하게 높은 결과($p < 0.05$)를 나타내었다. 그러나 조지방, NDF, ADF 및 hemicellulose의 소화율은 유의한 증가를 나타내지 않았다. 활성탄구와 목탄구 사이에도 유의한 차이를 나타내지 않았다. pH와 반추위내 암모니아의 농도는 활성탄구와 목탄구가 무첨가구보다 다소 높은 경향을 보였으며, 총VFA 농도는 무첨가구에서 유의하게 높게 나타났다. 그리고 C_2/C_3 비율을 보면 활성탄구는 무처리구에 비하여 유의하게 낮은 결과($p < 0.05$)를 나타내었고, 목탄구도 무처리구보다는 낮은 결과였으나 유의성은 인정되지 않았다.

위 결과에서 보듯이 활성탄은 가축의 생산성 향상에 유리한 조건을 제공하는 경향이 있다고 보여진다. 그러나 이미 보고된 바와 같이 시험 조건에 따라 상반되는 결과를 보이기도 한다. 이것이 외부 환경요인이 사료처리 영향을 압도하는 것인지, 또는 어느 제한된 조건하에서만 활성탄의 영향이 발현되는가에 대하여 추가연구가 요구된다고 하겠다. 그리고 여기에 대한 경제성 여부도 검토되어야 할 것으로 사료된다.

(색인 : 활성탄, 목탄, pH, 소화율, 반추위내 발효성상)

인 용 문 헌

1. 이봉덕, 이수기, 이기동. 1999. 사료에 대한 활성탄의 첨가가 *in vitro* 시험시의 발효성상 및 영양소 소실율에 미치는 영향. 충남대학교 농업과학연구. 26(2):25-39.
2. 이수기, 차상우, 김선균. 2002. 고농후사료에 대한 목탄 및 활성탄의 첨가수준이 인공위내 소화율, 휘발성지방산 및 가스 생산량에 미치는 영향. 충남대학교 농업과학연구. 29(2):35-42.
3. AOAC. 1990. Official Method of Analysis. 15th

- ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C.
4. Chaney, A. L. and E. P. Marbach. 1962. Modified reagents for determination urea and ammonia. Clin. Chem. 8:130-132.
 5. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics 11:1-42.
 6. 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.
 7. Garillo, E. P., R. Pradahn 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.
 8. 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.
 9. Goering, H. K. and P. J. Van Soest. 1970. Forage fiber analysis. ARS, USDA Agric. Handbook.
 10. 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.
 11. 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.
 12. 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.
 13. 北原文雄. 1984. コロイドの話. pp. 29-41. 培風館.
 14. 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.
 15. 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.