복합제제의 첨가가 반추위 발효성상에 미치는 영향

이진욱*, 김관우*, 이성수*, 최봉환*, 장승호**, 박명선**, 원미영**, 최낙진**
*국립축산과학원 가축유전자원센터
**전북대학교 축산학과
e-mail:koreatop5@korea.kr

Effects of Dietary Complex of Bromelain from Plant Materials, Vitamin E and Minerals Supplementation on Rumen Fermentation of lactating cows

Jinwook Lee*, Kwan-Woo Kim*, Sung-Soo Lee*, Bong-Hwan Choi*, Seungho Jang**, Myung-sun Park**, Mi-Young Won**, Nag-Jin Choi**
*Animal Genetic Resources Research Center, NIAS, RDA
**Dept. of Animal Science, Jeonbuk National University

요 약

본 연구는 NSC의 함량을 임의적으로 높인 사료를 이용하여 비타민, 식물추출물 복합 첨가제가 반추위 발효안정화에 미치는 영향을 확인하기 위하여 수행하였다. 실험설계는 3x4 완전요인배치법을 이용하였으며, 3 가지의 첨가제(plant extract and mineral; PM, buffer; B 및 buffer and mineral; BM)와 4 배양시간대(0, 2, 4 및 6시간)로 설정하였다. 반추위 *in vitro* 배양실험 결과, 처리구 BM이 다른 처리구에 비해 더 긍정적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 암모니아태 질소는 발효 2시간에서 BM 처리구 11.43 mg/dL, 젖산은 발효 4시간에서 45.26 mM, 총 휘발성지방산은 발효 2시간 및 4시간에서 9.24 mM 및 28.36 mM (초산, 발효 6시간에서 약 15 mM; 프로피온산, 발효 6시간에서 약 6 mM; 낙산, 발효 6시간에서 약 3 mM)로 다른 처리구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다. 반면, 젖산생성량은 이전 연구결과에 비해 높은 수치를 나타내었는데, 이는 산중독증 유발을 위해 NSC의 함량을 58%로 높게 조정하였기 때문인 것으로 판단된다. 반추위 pH 및 총 가스발생량은 대조구 및 모든 처리구에서 유의적 차이가 없었으며, 이는 반추위 발효에 부(-)의 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다. 본 연구결과 첨가제로서 처리구 BM의 효과가 반추위 발효성상에 긍정적 영향을 미칠 것으로 판단되며, 실제 농가현장에서 발효안정화 및 산중독증 예방 등에 도움을 줄 수 잇을 것으로 사료되나, 직접적인 사양실험을 통한 확인이 필요할 것으로 판단된다.

1. 서론

반추동물에서 생산성을 향상시키기 위해 급여하는 농후사료는 비구조 탄수화물(non-structural carbohydrate, NSC)이 많이 함유되어 있다. 이러한 사양관리는 반추위 내 젖산의 과잉생산을 유발하며, 산중독증과 같은 대사성 질병을 발생시키는 주요 원인이 된다. 산중독증과 같은 대사성 질병 예방을 위해 다양한 첨가제가 사용되고 있다. 식물유래 추출물은 항생제 대체물질로 각광받고 있으며, 광물질, 비타민 등은 성장과 번식에 도움을 준다고 보고되었다[1]. 그러나 이들 첨가제의 복합적인 효과를 확인하는 연구는 아직 부족한 실정이다. 따라서, 본 연구는 생산성 증진 및 대사성 질병 예방을 위해 식물유래 브로멜라인, 비타민 E 및 무기물 복합제제의 급여가 반추위 발효성상에 미치는 영향을 확인하기 위하여 수행되었다.

2. 재료 및 방법

2.1 실험설계 및 *in vitro* 배양실험

본 실험은 3 가지의 첨가제(plant extract and mineral; PM, buffer; B 및 buffer and mineral; BM)와 0, 2, 4 및 6시간의 시간대로 설정하여 3×4 완전요인배치법으로 설계하였으며, 실험에 사용된 첨가제의 조성은 [표1]에 나타냈다. 실험사료는 반추위 내 산중독증을 유도하기 위해 NSC 함량을 높게 배합하여 기질로 이용하였다. 반추위액은 오전 사료급여 1시간 후에 공시축으로부터 채취하였으며, 채취 후 4겹의 cheese cloth로 여과하여 사료입자를 제거하고, 즉시 CO2 gas가 충진된 병에 담아 실험실로 운반하였다. 반추위액과 멸균한 McDougall buffer를 1:4 의 비율로 혼합한 후 CO2 gas를 충진하면서 혐기상태에서 배양액을 분주하였으며, 배양시간은 24시간 동안 배양하였다. 배양에 사용된 기질은 알팔파를 이

용하였다. 배양이 끝난 후 100 mL 유리주사기를 이용하여 가스 발생량을 측정하고 가스를 포집하였으며, 포집된 가스는 실리콘 마개로 밀봉한 알루미늄백에 옮겨담아 Gas Chromatograph로 분석하였다. 휘발성 지방산과 암모니아태 질소 함량은 [2]의 방법을 이용하여 분석하였다.

[표 1] 실험에 사용된 복합첨가제 조성

Item, %	Treatments		
	PM	B	BM
Plant extract	1.00	1.00	0.90
Seaweed calcium	10.00	–	–
Pineapple by-product	89.00	15.00	13.50
Live Yeast	–	5.00	4.50
Malic acid	–	10.00	9.00
NaHCO3	–	30.00	27.00
MgO	–	10.00	9.00
Calcium carbonate	–	29.00	26.10
Selenium	–	–	5.00
Vitamin E	–	–	5.00
Total	100.00	100.00	100.00

PM, plant extract and mineral; B, buffer; BM, buffer and mineral.

3. 결과 및 고찰

3.1 반추위 pH, 가스발생량 및 젖산생성량

총 가스발생량은 발효 후 6시간에 측정되었으며[표2], 대조구 및 처리구간의 유의적인 차이는 없었다($p<0.05$). 따라서 천연물질, 무기물 및 비타민 복합제제가 발효에 부(-)의 영향을 미치지 않는 것으로 판단되었다. 반추위 내 pH는 6.11~7.31로 적정범위 내에서 측정되었으며, 발효시간에 따라 점차 낮아지는 경향을 보였다. 본 연구의 암모니아태 질소 생성량은 발효 2시간에서 BM 처리구가 다른 시험구에 비해 가장 높은 수치(11.43 mg/dL)를 나타냈으며, 발효 4시간 및 6시간에서 대조구를 포함한 모든 처리구에 비해 유의적으로 낮게 나타났다($p<0.05$). 발효 2시간 및 6시간에서 BM 처리구가 각각 11.43 mg/dL, 1.26 mg/dL로, 다른 처리구에 비해 빠른 생성량을 보였다. 처리구 별 젖산 발생량은 발효 4시간을 제외한 전체 시간대에서 유의적 차이를 보이지 않았다($p<0.05$). 발효 4시간에서 BM 처리구가 45.26 mM 다른 시험구에 비해서 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). BM 처리구는 발효 4시간에서 젖산 생성량이 다른 시험구에 비해 다소 높게 측정되었으나, 발효 6시간에서 다른 시험구에 비해 유의적으로 낮아진 것을 관찰할 수 있었다($p<0.05$). 우리 연구에서 젖산 생성량이 높은 것은 사료의 NSC 함량을 증가시켰기 때문으로 사료된다.

[표 2] 복합제제 급여가 반추위 *in vitro* 가스발생량, pH 및 젖산생성량에 미치는 영향

Items	T	CON	PM	B	BM	SEM	p-value
Total gas, mL	6	45.67	43.00	45.00	46.00	0.51	0.152
pH	0	7.18^{a}	7.29^{b}	7.31^{b}	7.31^{b}	0.02	<0.05
	2	7.18	7.19	7.18	7.18	0.01	0.945
	4	6.77^{b}	6.85^{c}	6.77^{b}	6.70^{a}	0.02	<0.05
	6	6.20^{c}	6.16^{b}	6.14^{ab}	6.11^{a}	0.01	<0.05
NH_3-N, mg/dL	0	6.40	6.88	6.46	6.78	0.10	0.234
	2	9.05^{a}	8.87^{a}	8.84^{a}	11.43^{b}	0.35	<0.05
	4	11.22^{c}	9.20^{b}	9.88^{b}	7.87^{a}	0.40	<0.05
	6	2.17^{b}	1.78^{ab}	1.40^{a}	1.26^{a}	0.13	<0.05
Lactate, mM	0	1.20	1.34	1.31	1.29	0.02	0.081
	2	2.38	2.38	2.71	3.13	0.14	0.207
	4	32.52^{a}	27.78^{a}	37.21^{ab}	45.26^{b}	2.29	<0.05
	6	97.11	97.09	88.64	91.00	1.58	0.113

3.2 반추위 휘발성 지방산 변화

휘발성 지방산 분석결과는 [표3]에 나타내었다. 총 휘발성지방산 생성량은 발효 2시간 및 4시간의 B와 BM 처리구가 각각 8.58 mM, 9.24 mM 및 27.22 mM, 및 28.36 mM로 다른 시험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 초산생성량은 발효 6시간에서 B 및 BM 처리구에서 다른 시험구에 비해 높게 나타났으며, 프로피온산 생성량은 발효 2시간 및 4시간에서 B와 BM 처리구가 각각 1.62 mM, 1.76 mM 및 6.91 mM, 7.29 mM로 다른 시험구에 비해 유의적으로 높게 나타났다($p<0.05$). 낙산 생성량은 발효 2시간 및 4시간에서 B와 BM 처리구가 각각 1.41 mM, 1.49 mM 및 3.50 mM, 3.94 mM로 다른 시험구에 비해 유의적으로 높은 결과를 보였다($p<0.05$). 본 실험 결과 모든 시험구에서 AP ratio 2 이상으로 나타나 반추위 발효에 있어 부(-)의 효과는 나타나지 않은 것으로 사료된다.

[표 3] 복합제제 급여가 반추위 *in vitro* 휘발성 지방산에 미치는 영향

Items	T	CON	PM	B	BM	SEM	p-value
Total VFA, mM	0	4.76	4.77	4.65	4.94	0.04	0.058
	2	7.57a	7.42a	8.58b	9.24b	0.24	<0.05
	4	14.15	13.55	14.72	14.65	0.22	0.196
	6	23.88a	25.26b	27.22c	28.36d	0.53	<0.05
Acetate, mM	0	3.21	3.24	3.18	3.26	0.02	0.452
	2	4.97a	4.96a	5.54b	5.99b	0.14	<0.05
	4	9.16	8.78	9.50	9.45	0.12	0.093
	6	14.74a	15.75b	16.81c	17.14d	0.30	<0.05
Propionate, mM	0	0.00a	0.80b	0.77c	0.84d	0.11	<0.05
	2	1.39a	1.36a	1.62b	1.76b	0.05	<0.05
	4	3.00	2.74	3.10	3.12	0.06	0.057
	6	5.92a	6.28b	6.91c	7.29c	0.16	<0.05
Butyrate, mM	0	1.55a	0.73a	0.70b	0.84c	0.10	<0.05
	2	1.21b	1.11a	1.41c	1.49c	0.05	<0.05
	4	2.00	2.03	2.12	2.09	0.06	0.924
	6	3.22a	3.22a	3.50b	3.94c	0.09	<0.05
AP ratio	0	0.00a	4.06b	4.13c	3.86c	0.53	<0.05
	2	3.58b	3.64b	3.41a	3.41a	0.03	<0.05
	4	3.06	3.20	3.07	3.04	0.02	0.980
	6	2.49bc	2.51c	2.43b	2.35a	0.02	<0.05

참고문헌

[1] Hernandez, F., Madrid, J., Garcia, V., Orengo, J. and Megias, M. D. 2004. Influence of two plant extracts on broilers performance, digestibility and digestive organ size. Poult Sci. 83:169-174.

[3] 이진욱, 김관우, 류채화, 이성수, 이상훈, 전다연, 노희종, 최낙진, "Effect of different forage sources and nutrient levels in diet on *in vitro* goat rumen fermentation and methane production" 한국유기농업학회지, 제27권 4호, pp, 529-540, 11월, 2019년.