

열처리 단백질-광물질 복합제제 첨가가 *In Vitro* 발효성상과 착유우의 유량 및 유성분에 미치는 영향

최낙진* · 배귀석** · 남경표** · 장문백** · 엄재삼*** · 고종렬**** · 하종규*
서울대학교* 중앙대학교** (주)은진인터내셔널*** 농협사료****

Effects of Feeding Heat Treated Protein and Mineral Complex on *In Vitro* Fermentation Characteristics, Milk Production and Composition of Holstein Dairy Cows

N. J. Choi*, G. S. Bae**, K. P. Nam**, M. B. Chang**, J. S. Um***, J. Y. Ko**** and J. K. Ha*

School of Agricultural Biotechnology, Seoul National University*

Department of Animal Science and Technology, Chung-Ang University**

EUNJIN International Co., Ltd.***, Nonghyup Feed INC.****

ABSTRACT

This study, consisting of two experiments, was conducted to determine the effects of feeding heat treated protein and mineral complex (HPM) on milk production and composition, and ruminal fermentation of Holstein dairy cows. In *in vitro* experiment, HPM levels were 0, 0.2, 1 and 2%, and Timothy hay, which was substrate, was milled as 1 mm size, and the effects of HPM on pH, ammonia and VFA were analyzed after incubation times of 0, 6, 12, 24 and 48 h, respectively. The pH and ammonia production were not significantly different between treatments during the incubation. In addition, generally, total VFA and individual VFA were not affected by HPM on 0, 6 and 24 h. While, total VFA and individual VFA were increased in 0.2% and 1% of HPM supplemented treatments, but decreased in 2% of HPM treatment compared with control on 12 h. On 48 h, total VFA and individual VFA were increased in HPM treatments compared to control ($P < 0.05$). However, A/P ratio was not affected by HPM supplementation. Gas production was higher in HPM treatment compared to control on 24 h ($P < 0.05$) and 48 h ($P < 0.05$). In lactating experiment, fourteen lactating Holstein cows were used for 4 months in a cross over experimental design. There were two treatments; no added HPM as a control and 0.2% of HPM added as a test treatment. Daily milk yield ($P < 0.001$), 4% FCM ($P < 0.001$), milk protein ($P < 0.05$) and SNF (solid not fat; $P < 0.05$) were increased in HPM treatment compared to control. While, milk fat, MUN (milk urea nitrogen) and SCC (somatic cell count) were not significantly different between treatments.

(Key words : Milk yield, Milk composition, Heat treated protein and mineral complex (HPM), Ruminal fermentation)

I. 서 론

사료 단백질의 반추위 내 분해율 감소를 위한 다양한 물리, 화학적 처리 방법들에 대한 연구는 오래 전부터 실시된 바 있다. 그 처리 방법으로는 열처리 (Plegge 등, 1985), formaldehyde 처리 (Rooke 등, 1983; Spears 등, 1985), tannin 처리 (Woodward 등, 1999) 및 금속이온 첨가 (정 등, 1993; 황, 1999) 등이 있다. 단백질에 금속이온을 첨가하면 반추위에서의 분해율이 감소 또는 증가된다는 보고가 있으나, 지금까지의 연구에서 금속이온에 의한 단백질의 by-pass 기작은 잘 알려져 있지 않다. 보고된 문헌에 의하면 Mn, Ca 및 Mg ion 등은 단백질 분해를 촉진하며 Cu 및 Zn ion 등은 분해를 억제하는데 (Gibson과 Macfarlane, 1988), 금속이온에 의한 분해율의 감소기전은 반추위 내에서 쉽게 분해되는 단백질과 금속이온이 결합하여 반추위 내에서의 분해가 감소되기 때문으로 보고 있다 (Britton과 Klopfenstein, 1986). 따라서, 본 연구에서는 열처리 단백질·광물질 복합제 (Heat treated protein and mineral complex: HPM)를 젖소에게 급여하면 첨가한 단백질 자체의 분해율도 낮을 뿐 아니라 첨가한 이온이 사료 내 단백질의 분해도 억제 시킴으로 인해 전체 사료 단백질의 by-pass 율을 높여주고, 암모니아 발생을 감소시키는 효과가 있을 것으로 예측하였다. 따라서 본 연구의 목적은 착유우 사료 내 HPM 첨가가 반추위 발효성상, 산유량 및 유성분에 미치는 영향을 조사하는데 있었다.

II. 재료 및 방법

1. *In vitro* 실험

(1) 실험 설계

실험설계는 사료 내 HPM (Passtein)을 수준별로 0.2%, 1%, 2%를 첨가하였고 무첨가 대조구를 포함하여 모두 4개의 처리구를 두었고, 기질은 각각 1 mm 크기로 (김 등, 2001) 분쇄한 (Willey mill) Timothy 건초와 배합사료를

60:40 비율로 혼합한 것이었다. 배양 시간은 0, 6, 12, 24, 48시간 이었으며, 한 처리당 3반복으로 *in vitro* 배양을 수행 하였다. 그리고 총 gas 생성량은 1% HPM 첨가구와 대조구만 비교 조사 하였다.

(2) 실험 방법

먼저 기질 1g을 120mL serum bottle에 넣고, 혐기 상태에서 McDougall's buffer (McDougall, 1948)를 60mL 첨가한 후, 사료 급여 1시간 후 반추위에 캐놀라가 부착된 1두의 홀스타인 수소의 반추위액을 채취하여 4겹의 cheese cloth로 여과한 위액을 20mL 넣었다. Bottle은 butyl-rubber stopper와 aluminum cap으로 밀봉 후 39°C에서 배양 하였다. 배양 후 0, 6, 12, 24, 48시간에 gas 생성량을 측정하고 난 후 serum bottle의 뚜껑을 열고 난 후 즉시 pH meter로 pH를 측정하였고, 원심분리를 (1000 × g, 4°C, 15min)하여, 상층액을 취해서 암모니아와 휘발성지방산 함량을 측정하였다.

(3) 조사 항목 및 방법

1) pH

배양이 완료된 serum bottle 의 뚜껑을 열고, 50mL 원심분리 tube에 부은 후, pH meter (METTLER DELTA 340)로 pH를 측정 하였다.

2) 암모니아 농도

Chaney와 Marbach(1962)의 방법에 따라 phenol 용액으로 위액중의 암모니아를 발색시킨 후 spectrophotometer (Spectronics 21D)를 이용하여 630nm에서 흡광도를 측정하여 암모니아 농도를 계산하였다.

3) 휘발성 지방산

배양이 완료된 배양물을 1000 × g, 4°C에서 15분간 원심분리하고, 상등액 1mL를 취하여 Eppendorf tube에 넣고, HPO₃ 0.1mL를 넣어 잘 혼합 시킨 후 30분간 정치 시켰다. 이를 -70°C deep freezer에서 분석 전까지 냉동 보관하였다. VFA의 분석은 gas chromatography (HP6890, U.S.A.)를 이용하였으며, 측정의 전 과정은

Erwin 등 (1961)의 방법에 따랐다.

(4) 총 gas 생성량

배양된 serum bottle은 gas 생성량 측정 전에 온도에 의한 가스측정의 오류를 방지하기 위하여 상온에서 20분간 정치 하였으며, gas 생성량의 측정은 Williams 등(1996)과 Beuvink 등 (1992)의 방법에 따라 serum bottle내의 head space에 축적된 가스를 water displacement apparatus에 부착된 주사기로 흡입하여 burett내의 물을 밀어 올리는 양 (가스압, ml)을 가스발생량으로 하였다.

2. 사양실험

(1) 장소, 기간 및 공시축

본 시험은 홀스타인 젖소 14두를 선발하여 산차수 (평균 1.6), 산유량 (평균 30kg/일/두), 비유단계 (평균 분만 경과일수 141일) 등을 고려하여 시험에 공시하였다.

(2) 시험사료 및 시험설계

본 시험은 농장에서 급여하고 있는 관행 사료를 대조사료로 하고, 대조사료에 heat treated protein and mineral complex (HPM)인 Passtein® [㈜은진 인터내셔널]을 0.2% 첨가하여 각각 7 주씩 총 14주간 cross over 디자인으로 실험을 수행하였다. 본 시험기간 (7주) 전과 사이에 2 주간 적응기간을 두었다. 첨가제로 사용한

Passtein® 성분은 열처리 대두박 50%, 광물질 혼합물로서 CuSO₄, MnSO₄, ZnSO₄가 각각 0.5%, 2.5%, 5% 함유되었고 당밀 15%, *Bacillus sp.* (*B. subtilis*, *B. licheniformis*), *Lactobacillus acidophilus*, *Aspergillus oryze*와 live yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*)와 같은 미생물, 곰팡이 그리고 효모를 사용하여 제조한 복합균체 배양물을 함유하고 있다. 본 제제의 화학적 성분은 수분 6.1%, 조단백질 23.4%, 조지방 0.7%, 조섬유 3.0%, 조회분 31.9%, NDF 8.4%, ADF 3.5% 이었다. 시험 사료의 화학적 구성과 급여량은 표 1에 나타나 있다.

(3) 사양관리

개체별 산유량은 매일 오전, 오후 2회 착유 때 마다 측정하였고, 개체별 우유 시료 채취는 이틀에 한번 실시하였다. 조사료와 농후사료의 비율은 60:40로 유지하였고, 사료는 하루에 2회에 걸쳐 절반씩 급여하고 첨가제 HPM (Passtein®)는 하루에 0.2%를 사료 급여 시 절반 (오전/오후 0.1%)씩 top dressing으로 급여하였다.

(4) 조사항목 및 방법

시험사료의 일반성분은 AOAC (1990) 방법에 따라 건물, 조단백질, 조지방을 분석하였고, Van Soest 등 (1991)의 방법에 따라 NDF와 ADF를 분석하였다. 우유 중의 지방, 단백질, 무지고형물(solid not fat : SNF), 요소태 질소

Table 1. Chemical composition of diets and daily dry matter intakes

	Hay	Cottonseed	Corn silage	TMR	Concentrate I ¹⁾	Concentrate II ²⁾
DM (%)	92.5	88.1	27.6	79.7	87.3	90.2
Crude protein (%)	5.0	22.7	7.5	12.4	17.9	11.0
Crude fiber (%)	1.3	26.9	3.8	5.3	5.1	1.8
NDF (%)	76.7	71.1	84.9	74.4	78.2	74.5
ADF (%)	47.8	59.3	34.7	36.4	15.3	47.9
Daily DMI per animal (kg DM/d)	1.9	1.8	4.0	4.8	7.2	1.8

¹⁾ 단미사료 종류 : 옥수수, 소맥, 비트펄프, 옥글루텐, 옥수수분, 글루텐피드, 옥배아박, 우지, 당밀, 대두박, 채종박, 밀가루, 면실박, 소금, 옥피, 석회석, 인산칼슘

²⁾ 단미사료 종류 : 옥수수, 루핀, 소맥피, 대두피, 옥글루텐티스, 옥배아박, 옥글루텐, 대두박, 채종박, 보호지방, 당밀, 우지, 석회석, 소금, 인산칼슘

(milk urea nitrogen : MUN) 및 체세포수(somatic cell count)는 Milkoscan (Foss 4000)을 이용하여 구하였다.

(5) 통계분석

본 연구에서 수행된 사양실험과 *in vitro* 실험 결과의 통계분석은 SAS (Statistical Analysis System, Version 6.0, USA, 1989) package program을 이용하여 각 처리구간의 평균값을 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)를 이용하여 처리구간 유의차를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. *In vitro* 실험

HPM을 첨가하지 않은 대조구와 비교하여 HPM을 각각 0.2, 1, 2%로 첨가한 세 처리구의 pH와 암모니아 생성량은 전 배양 시간 동안 통계적 유의차가 없었다 (표 2). 따라서, HPM을 제조할 때 열처리 과정에서 단백질 (대두박) 변성과 첨가한 광물질과 대두박과의 결합으로 인한 RUP (rumen undegradable protein) 함량의 증가가 pH와 암모니아 생성량에 영향을 끼치지 않은 것으로 사료된다. 이러한 결과는 RUP 함량이 높은 사료를 착유우에게 급여시 반추위

내 pH에 영향을 끼치지 않은 다른 실험의 결과와 일치하였다 (Erasmus 등, 1994). 표 2에서 나타난 바와 같이 배양기간 암모니아 생성량의 결과를 보면 처리구간 통계적 유의차는 없었지만, 배양 후반기 24h, 48h에서 HPM 처리구에서 감소되는 경향을 나타내었는데 이것은 24 h 이후에 단백질 분해율이 감소된 것을 반영하는 것이라고 사료된다. 이 결과는 연속배양기를 이용한 실험에서 RUP 함량이 높을수록 암모니아 농도가 감소된 것을 조사한 결과와 유사하였다 (Bach와 Stern, 1999). 한편, 정 등 (1993)은 *in vitro* 배양액의 pH가 금속 이온 첨가에 의해서 영향을 받지 않았던 반면에 암모니아 생성량은 감소한다고 발표하였다.

Total VFA의 생성량을 비롯한 각각의 VFA 생성량을 전체적으로 살펴보면 전 배양 시간대에서 HPM 첨가의 영향이 크게 나타나지 않았다 (표 3). Total VFA, acetate, propionate, butyrate 생성량은 12 h에서 HPM을 0.2%, 1% 첨가한 시험구에서 대조구와 비교하여 증가하는 경향이었으나, 2% 첨가구에서는 오히려 감소되었고, 48 h에서는 HPM 첨가한 세 처리구에서 대조구와 비교하여 모두 증가하는 경향을 보였다. 반면에, 다른 배양시간대에서는 처리구간에 유의차가 발견되지 않았다. A/P ratio의 경우에도 처리구간 유의차가 없었다.

Table 2. Effect of HPM supplementation on pH and ammonia production *in vitro*

Incubation time	HPM ¹⁾				SEM	Significance
	0%	0.2%	1%	2%		
pH						
0 h	6.78	6.80	6.81	6.79	0.0187	NS
6 h	6.69	6.71	6.69	6.69	0.0087	NS
12 h	6.58	6.58	6.58	6.59	0.0112	NS
24 h	6.43	6.44	6.43	6.41	0.0428	NS
48 h	6.35	6.36	6.36	6.34	0.0161	NS
NH ₃ (mg/100ml)						
0 h	0.65	0.69	0.61	0.76	0.1882	NS
6 h	0.54	0.34	0.54	0.42	0.1609	NS
12 h	1.19	1.30	1.24	1.57	0.4226	NS
24 h	5.07	4.77	5.02	4.89	0.8387	NS
48 h	14.76	13.92	13.70	14.64	1.7618	NS

¹⁾ HPM ; heat treated protein and mineral complex.

NS : not significant.

Table 3. Effect of HPM supplementation on VFA production *in vitro*

Incubation time	HPM ¹⁾				SEM	Significance
	0%	0.2%	1%	2%		
Acetate (mM)						
0 h	13.63	10.62	11.73	14.05	2.1325	NS
6 h	26.89	26.08	27.44	28.04	2.0991	NS
12 h	41.52	43.90	42.64	39.08	1.1382	**
24 h	33.69	31.49	42.89	40.82	5.2067	NS
48 h	46.51	58.02	48.28	55.60	4.2468	*
Propionate (mM)						
0 h	5.52	4.25	4.65	5.62	0.8823	NS
6 h	11.75	11.49	12.03	12.17	0.9464	NS
12 h	18.61	19.72	19.33	17.10	0.6085	**
24 h	15.87	15.24	20.15	18.71	2.6335	NS
48 h	21.59	26.77	22.08	25.61	1.8144	*
Butyrate (mM)						
0 h	2.44	1.83	2.01	2.45	0.4036	NS
6 h	4.76	4.74	5.00	5.10	0.4497	NS
12 h	7.68	8.23	7.83	7.48	0.2166	*
24 h	6.38	6.22	8.29	7.77	0.9884	NS
48 h	9.00	11.06	9.07	10.65	0.8771	*
Total VFA (mM)						
0 h	22.62	17.46	19.19	23.13	3.6072	NS
6 h	45.28	44.19	46.37	47.32	3.6298	NS
12 h	70.81	75.20	72.86	66.55	1.9235	**
24 h	58.58	55.46	74.79	70.50	9.2356	NS
48 h	81.85	101.36	97.26	84.00	7.3585	*
A/P ratio						
0 h	2.47	2.51	2.52	2.50	0.0264	NS
6 h	2.29	2.27	2.28	2.30	0.0312	NS
12 h	2.23	2.23	2.21	2.29	0.0338	NS
24 h	2.12	2.07	2.13	2.18	0.0436	NS
48 h	2.16	2.16	2.19	2.17	0.0256	NS

¹⁾ HPM ; heat treated protein and mineral complex.

NS : not significant, *P<0.05 and **P<0.01.

본 실험에서의 *in vitro* 배양은 CuSO₄, MnSO₄, ZnSO₄ 형태의 광물질을 각각 5, 25, 50 ppm 농도로 첨가하여 48시간동안 수행하였는데, ZnSO₄, CuSO₄, NiSO₄ 형태의 광물질을 수준별로 30, 60 및 90 ppm 농도로 3일간 배양했을 때 acetic acid, propionic acid, butyric acid, A/P ratio 등이 처리구간에 광물질 종류별, 첨가수준별로 유의차가 없었다고 조사한 황 (1999)의 실험 결과와 유사하였다. 반면에, Spears 등 (1979)은 광물질 첨가로 인하여 반추위 내

VFAs 생성량이 영향을 받았다고 발표하였다. 따라서, 실험들마다 나타난 다양한 결과는 첨가된 광물질이 반추위 내 박테리아 성장에 필수적인 동시에 저해 작용도 끼칠 수 있다는 것을 의미한다고 사료된다.

총 gas 생성량은 0 h, 6 h 및 12 h에서는 처리구간에 유의차가 없었지만 24 h과 48 h에서 HPM 첨가로 인하여 gas 생성량이 증가된 것을 확인할 수 있었다(표 4; P<0.05). 배양시간 24 h 이후에 gas 생성량이 증가되는 것은 기질의

Table 4. Effect of HPM supplementation on gas production *in vitro* (ml/ 100mg DM)

Incubation time	Control	HPM ¹⁾	SEM	Significance
0 h	0.0	0.0	-	NS
6 h	4.9	4.9	0.1080	NS
12 h	8.5	7.8	0.9600	NS
24 h	12.7	13.3	0.0408	*
48 h	16.4	17.0	0.2858	*

¹⁾ HPM ; heat treated protein and mineral complex.

NS : not significant, *P<0.05.

분해가 많았기 때문으로 보이며, 이는 VFA가 증가된 것으로 설명될 수 있다 (표 3).

이상의 *in vitro* 실험결과에 의하면 HPM 첨가는 *in vitro* 발효에 큰 저해작용 없었고, HPM 내 광물질에 의해 배양시간 24 h 이후에 단백질 분해 효소의 활력이 저하되어 단백질 분해율이 감소되는 경향을 예측할 수 있었으며, HPM 내 열처리 단백질과 광물질과의 결합, 그리고 첨가 광물질과 사료 단백질과의 결합에 의한 RUP 함량 증가는 반추위 발효 성상에 큰 영향을 끼치지 않았던 것으로 사료된다.

2. 사양 실험

표 5에 나타낸 바와 같이 우유생산량은 대조구와 비교하여 HPM 시험구 공시축들이 하루에 약 1kg 정도 더 많았고 (27.7 vs 28.8 kg/d, P<0.001), 4% FCM 생산량도 대조구와 비교하여 볼 때 HPM 시험구에서 1.3 kg/d이 더 많았다 (P<0.001). 본 결과는 RUP 함량 증가와 함께 우유생산량의 증가를 관찰한 Wohlt 등

(1991)의 실험 결과와 유사하였다. 반면에, RUP 함량이 높을 때 유량이 오히려 감소하였거나 (Robinson과 Kennelly, 1988; Erdman 과 Vandersall, 1983), 영향을 미치지 않았다는 보고들도 있다 (Grummer 등, 1996).

HPM 시험구의 유단백 생산량은 유량증가와 함께 증가된 것을 볼 수 있었다 (P<0.05). 본 실험에서 RUP 함량 증가로 인해 유단백 생산량이 증가한 것으로 보이는데, RUP 함량이 증가된 이유는 HPM 내 함유되어 있는 열처리된 단백질과 광물질의 결합체와 잔여 광물질이 반추위 내 단백질과의 결합에 의한 것으로 사료된다. 그로 인해 반추위 내 단백질 분해속도가 지연되고 단백질의 by-pass율도 개선됨으로써 유단백이 증가된 것으로 사료된다.

실제로 본 연구에 사용했던 동일한 제제 (Passtein[®])를 이용하여 실험을 수행한 최 등 (2002)은 HPM 첨가에 의한 *in vitro* 단백질 분해율의 감소와 반추위액 내에서 즉시 용해 가능한 분획 (immediately degradable fraction)과 유효 분해 (effectively degradability) 상수가 낮

Table 5. Effects of HPM supplementation on milk yield and composition

Item	Control	HPM ¹⁾	SEM	Significance
Milk production (kg/d)	27.72	28.84	0.1159	***
4% FCM (kg/d) ²⁾	27.53	28.76	0.2600	***
Milk protein (kg/d)	0.93	0.95	0.0332	*
Milk fat (kg/d)	1.10	1.15	0.0670	NS
SNF (kg/d)	2.51	2.60	0.0761	*
MUN (mg/dl)	14.96	15.25	3.2813	NS
Somatic cell count (×1000/ml)	78.64	73.46	15.7207	NS

¹⁾ HPM ; heat treated protein and mineral complex

²⁾ 4% fat corrected milk, [0.4 × milk production] + (15 × milk fat yield)]

NS : not significant, *P<0.05 and ***P<0.001.

아진 것을 조사함으로써 본 실험에서의 예측을 증명하였다. 정 등 (1993)은 단백질 분해율이 감소된 것은 다양한 금속이온 ($ZnCl_2$, $CdCl_2$, $CoCl_2$, $CuCl_2$, $NiCl_2$, $HgCl_2$)이 단백질 분해효소의 활력을 감소시킨 결과라고 발표 하였는데, 이는 금속이온이 chelating agent로 작용하여 효소와 결합하였기 때문이라고 설명 하였다. 그리고, 단백질 분해 박테리아(*Bacteroids fibri-solvens*)가 금속이온 (Zn)에 의해 성장이 감소 되는 것도 발견하였다. 따라서, 정 등 (1993)은 금속이온의 단백질 분해 억제 기작은 미생물의 성장 억제와 효소의 작용 감소에 기인하는 것으로 보았다. HPM 시험구에서의 SNF 생산 증가 ($P<0.05$) 역시 유단백 생산량 증가를 반영하고 있다.

반면, 유지방 생산은 HPM 첨가에 의하여 영향을 받지 않았다 ($P>0.05$). MUN은 젖소의 질소 이용효율과 단백질 영양 상태를 나타내는 지표로 이용되고 있다 (Hof 등, 1997; Shepers와 Meijer, 1998). 실험 설계 시 HPM 첨가로 인하여 반추위 내 RDP (rumen degradable protein)와 재순환된 urea 이용을 개선으로 대조구와 비교하여 MUN이 감소될 것이라 예측하였으나, 본 실험에서 우유 내 MUN 함량은 처리구간 통계적 유의차가 없었다 ($P>0.05$). 체세포수는 처리구간 유의적 차이가 없었는데 체세포수는 영양적 측면 보다는 착유 위생 상태 등 사양관리 등의 영향을 받기 때문이라고 사료된다.

따라서, 본 사양시험의 결과는 다음과 같이 몇 가지로 설명되어 질 수 있다. 첫째 HPM은 제조할 때 사용한 열처리에 의해 단백질의 변성이 일어나고 이로 인해 단백질의 RUP 함량이 높아졌고, 둘째 첨가 광물질이 사료 성분과 결합하여 RUP 함량을 증가시켰고, 셋째로 첨가한 광물질이 미생물 단백질 합성에 영향을 끼쳐, 최종적으로 젖소의 산유량을 개선시킨 것으로 사료된다.

IV. 요 약

본 연구의 *in vitro* 실험결과를 살펴보면, 배

양액의 pH와 암모니아 생성량은 전 배양 시간 동안 처리구간 통계적 유의차가 없었다. Total VFA, acetate, propionate, butyrate 생성량은 12 h에서 HPM을 0.2%, 1% 첨가한 시험구에서 대조구와 비교하여 증가하는 경향이었으나, 2% 첨가구에서는 오히려 감소되었고, 48 h에서는 HPM 첨가한 세 처리구에서 대조구와 비교하여 모두 증가하는 경향을 보였다. 반면에, 다른 배양시간대에서는 처리구간 통계적 유의차는 발견되지 않았다. A/P ratio 경우에도 처리구간 유의차가 없었다. 총 gas 생성량은 배양시간 24 h과 48 h에 HPM 처리구에서 대조구와 비교하여 증가하였다 ($P<0.05$).

한편 사양실험은 열처리된 단백질 (대두박)과 광물질의 복합 제제 (HPM)가 젖소의 유생산량과 유성분에 끼치는 영향을 조사하기 위하여 수행되었는데 그 결과를 요약하면, 유생산량은 대조구와 비교하여 HPM 시험구에서 하루에 약 1kg 정도 더 높았고 (27.7 vs 28.8 kg/d, $P<0.001$), 4% FCM 생성량 또한 대조구와 비교하여 볼 때 HPM 시험구에서 1.3 kg/d 이 더 높았다 ($P<0.001$). 유단백 ($P<0.05$)과 SNF ($P<0.05$)도 대조구와 비교하여 HPM 시험구에서 그 생산량이 증가되었다. 반면에, 유지방, MUN과 체세포수는 처리구간 통계적 유의차가 발견되지 않았다.

이상의 결과로 보아, HPM 첨가에 의한 반추위 발효 저해현상은 없었으며, HPM 내 함유되어 있는 열처리된 단백질과 광물질의 결합체와 잔여 광물질이 반추위 내 단백질과 결합하여 단백질 분해 속도를 지연시킴으로써, 단백질의 by-pass율을 증가시켜, 유생산량 증가와 유질을 개선 (유단백질, SNF 함량 증가 등) 하는 등 젖소의 생산성을 향상시킨 것으로 요약할 수 있다.

V. 사 사

본 연구의 연구비와 시료를 제공해 준 (주)은진인터내셔널과, 사양실험에 수고하신 대학원생들께 감사 드립니다.

VI. 인용문헌

1. AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
2. Bach, A. and Stern, M. D. 1999. Effects of different levels of methionine and ruminally undegradable protein on the amino acid profile of effluent from continuous culture fermenters. *J. Anim. Sci.* 77:3377-3384.
3. Beuving, J. M., Spoelstra, S. F. and Hogendorp, R. J. 1992. An automated method of measuring the time course of gas production of feedstuffs incubated with buffered rumen fluid. *Neth. J. Agri. Sci.* 40:401-407.
4. Britton, R. A. and Klopfenstein, T. J. 1986. Zinc treated soybean meal : A method to increase bypass. *Beef Cattle Report.* pp. 45-47.
5. Chaney, A. L. and Marbach, E. P. 1962. Modified reagents for determination of urea and ammonia. *Clin. Chem.* 8:130-132.
6. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11:1-42.
7. Erasmus, L. J., Botha, P. M. and Meissner, H. H. 1994. Effect of protein source on ruminal fermentation and passage of amino acids to the small intestine of lactating cows. *J. Dairy Sci.* 77:3655-3665.
8. Erdman, R. A. and Vandersall, J. H. 1983. Effect of rumen protein degradability on milk yield of dairy cows in early lactation. *J. Dairy Sci.* 66:1873-1880.
9. Erwin, E. S., Marco, S. J. and Emery, E. M. 1961. Volatile fatty acid analysis of blood and rumen fluid by gas chromatography. *J. Dairy Sci.* 44:1768.
10. Gibson, S. A. and Macfarlane, G. T. 1988. Characterization of proteases formed by bacteroids fragilis. *J. Gen. Microbiol.* 134:2231-2240.
11. Grummer, R. R., Slark, K., Bertics, S. J., Luck, M. L. and Barmore, J. A. 1996. Soybeans versus animal sources of rumen-undegradable protein and fat for early lactation dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:1809-1816.
12. Hof, G., Vervoorn, M. D., Lenaers, P. J. and Taminga, S. 1997. Milk urea nitrogen as a tool to monitor the protein nutrition of dairy cows. *J. Dairy Sci.* 80:3333-3340.
13. McDougall, H. 1948. Studies on ruminant saliva. 1. The composition and output of sheep's saliva. *Biochemical J.* 43:99-109.
14. Plegge, S. D., Berger, L. L. and Gahey, Jr. G. C. 1985. Effect of roasting temperature on the proportion of soybean meal nitrogen escaping degradation in the rumen. *J. Anim. Sci.* 61: 1211-1218.
15. Robinson, P. H. and Kennelly, J. J. 1988. Influence of intake of rumen undegradable protein on milk production of late lactation Holstein cows. *J. Dairy Sci.* 71:2135-2142.
16. Rooke, J. A., Brook, I. M. and Armstrong, D. G. 1983. The digestion of untreated and formaldehyde-treated soybean and rapeseed meals by cattle fed a basal silage diet. *J. Agric. Sci.* 100:329-342.
17. SAS. 1989. User's Guide : Statistics, Version 6 Edition, SAS Inst., Inc., Cary, NC.
18. Spears, J. W., Hartfield, E. E. and Forves, R. M. 1979. Nickel for ruminants. II. Influence of dietary nickel on performance and metabolic parameters. *J. Anim. Sci.* 48:649-652.
19. Spears, J. W., Clark, J. H. and Hatfield, E. E. 1985. Nitrogen utilization and ruminal fermentation in steers fed soybean meal treated with formaldehyde. *J. Anim. Sci.* 60:1072-1080.
20. Shepers, A. J. and Meijer, R. G. M. 1998. Evaluation of the utilization of dietary nitrogen by dairy cows based on urea concentration in milk. *J. Dairy Sci.* 81:579-584.
21. Van Soest, P. J., Robertson, J. D. and Lewis, B. A. 1991. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.* 74:3583-3597.
22. Williams, A., Amat-Marco, M. and Collins, M. D. 1996. Phylogenetic analysis of *Butyrivibrio* strains reveals three distinct groups of species within the Clostridium subphylum of gram-positive bacteria. *Int. J. Syst. Bacteriol.* 46:195-199.
23. Wohlt, J. E., Chmiel, S. L., Zajac, P. K., Backer, L., Blethen, D. B. and Evans, J. L. 1991. Dry matter intake, milk yield and composition, and nitrogen use in Holstein cows fed soybean, fish, or corn gluten meals. *J. Dairy Sci.* 74:1609-1622.
24. Woodward, S. L., Auldust, M. J., Laboyrie, P. J. and Jansen, E. B. L. 1999. Effect of *Lotus corniculatus* and condensed tannins on milk yield and milk composition of dairy cows. *Proc. New Zealand Soc. Anim. Prod.* 59:152-155.
25. 김 원, 김현진, 이성훈, 장문백, 맹원제. 2001. Canola seed의 가공방법에 따른 반추위 영양소 분해율 및 발효특성 평가에 관한 연구. *동물자원과학회지.* 43(6):841-858.
26. 정유석, 하종규, 이성실, 김창현. 1993. 금속이온이 반추위내 미생물의 발효 성장 및 단백질 분해효소의 활력에 미치는 영향. *한국낙농학회지.* 15(4):227-239.
27. 최유지, 최낙진, 박성호, 송재용, 엄재상, 고종열, 하종규. 2002. 패스틴® 첨가가 단백질 분해율과 반추위 발효 및 영양소 소화율에 미치는 영향. *동물자원과학회지.* 44(5):557-568.
28. 황일환. 1999. 반추위 혼합 미생물이 섬유소 분해 및 발효특성에 미치는 요인. *서울대학교 대학원 석사학위논문.*

(접수일자 : 2002. 8. 5 / 채택일자 : 2002. 9. 28)