

미생물제제의 첨가가 면양의 반추대사 및 젖소의 유생산성에 미치는 영향

김광림 · 최선규 · 최성호 · 송만강
충북대학교 농업생명환경대학 축산학과

Effect of Microbial Additives on Metabolic Characteristics in Sheep and Milking Performance of Lactating Dairy Cows

G. L. Jin, S. K. Choi, S. H. Choi and M. K. Song
Department of Animal Science, Chungbuk National University

ABSTRACT

Two experiments were conducted to observe the effects of direct fed microbials on metabolic characteristics in sheep and milking performance in dairy cows. A metabolic trial with four ruminally cannulated sheep (60±6kg) was conducted in a 4×4 Latin square design to investigate the supplementation effects of *Saccharomyces cerevisiae*, *Clostridium butyricum* or mixed microbes of *S. cerevisiae* and *C. butyricum* on ruminal fermentation characteristics and whole tract digestibility. Sheep were fed 1.25 kg of total mixed ration (TMR, DM basis) supplemented with *S. cerevisiae* (2.5g/day), *C. butyricum* (1.0g/day) or its mixture (*S. cerevisiae* 1.25 g/day + *C. butyricum* 1 g/day), twice daily in an equal volume. But control sheep were fed only TMR. A feeding trial with 28 lactating Holstein cattle was also conducted for 12 weeks to investigate the effects of the same microbial supplements as for the metabolic trial on milking performance. The cows were fed the TMR (control), and fed *S. cerevisiae* (50 g/day), *C. butyricum* (15 g/day) or its mixture (*S. cerevisiae* 25 g/day + *C. butyricum* 7.5 g/day) with upper layer dressing method.

Total VFA concentration and the digestibility of whole digestive tract in the sheep increased by supplementation of *S. cerevisiae*, *C. butyricum* or their combined microbials compare to control group. The proportion of propionic acid at 1 h (P<0.039) and 3 h (P<0.022) decreased by supplementation of *S. cerevisiae* while tended to increase acetic acid proportion at the same times.

Daily dry matter intake (DMI) was not influenced by the microbial treatments, but milk yield (P<0.031) and feed efficiency (milk yield/DMI, P<0.043) were higher for the cow received *C. butyricum* than those for other treatments. The milk fat content was higher (P<0.085) when cows fed *S. cerevisiae* (4.11%) than that fed the control (4.08%), the diets with *C. butyricum* (3.85%) and the microbial mixture.

Based on the results obtained from the current experiments, supplementation of *C. butyricum* or mixture with *S. cerevisiae* might be increased milk fat content and milk productivity of lactating dairy cows.

(Key words : *Saccharomyces cerevisiae*, *Clostridium butyricum*, Fermentation characteristics, Sheep, Milking performance, Lactating dairy cattle)

이 논문은 2006년도 충북대학교 학술연구지원사업의 연구비지원에 의하여 연구되었음.

Corresponding author : M. K. Song, Department of Animal Science, Chungbuk National University
Tel : 043-261-2545, E-mail : mksong@cbnu.ac.kr

I. 서 론

지난 20여년 동안 항생제나 화학 요법의 문제점을 줄이고 외부 환경의 변화에 민감하게 반응하는 장내 미생물들의 균총을 유지시켜주기 위해 살아있는 미생물제제(direct-fed microbial agents, DFM)를 반추가축의 사료에 직접 첨가하고 있다. 반추동물 사료에도 생산성을 개선하기 위하여 여러 종류의 DFM이 널리 이용이 되고 있는데, DFM은 건물섭취량(dry matter intake, DMI)의 증가 및 반추위내에서의 영양소 분해율 향상 그리고 유생산량의 증가와 체온감소 등에 효과적이다(Piva 등, 1993; Higginbotham 등, 1994; MacGilliard와 Stallings, 1998; Nocek와 Kautz, 2006). 대표적인 DFM으로는 효모균, 곰팡이, 박테리아 및 세포 구성물질 등이 이에 속한다(Beharka와 Nagaraja, 1993; Sullivan과 Martin 1999).

효모 및 효모배양물은 대표적인 DFM의 한 종류인데, 반추가축에게 효모(yeast) 및 효모 배양물(yeast culture)을 급여하였을 때 반추위 내 발효 특성을 변화시키고(Harrison 등, 1988; Martin과 Nisbet, 1990) 반추위 내에서 조단백질과 조섬유의 반추위내 분해율을 개선시키며(Gomez-Alarcon 등, 1990; Williams 등, 1991), 체내 전장소화율(Gomez-Alarcon 등, 1990; Wiedemier 등, 1987)을 향상시키는 효과가 있다고 보고된 바 있다.

한편, 일반적으로 대부분의 Clostridium 균들은 독소를 생산하거나 인체에 유해한 물질들을 생산하여 사람과 가축에게 좋지 않은 영향을 주고 있으나, Clostridium butyricum은 장내 유익한 균으로서 유산균과의 공생이 가능하고 반추위 내에서 주요 VFA 생산에 관여하기도 하며(Araki 등, 2002a, 2002b) 많은 종류의 비타민 B 군을 생산하여 유산균이 이용할 수 있게 한다. 또한 생산되어진 acetic acid와 butyric acid는 장관 상피세포를 흡수되어 상피세포에서 에너지원으로 사용되어진다고 하였다(김 등, 2001). 낙산균은 주로 단위동물에서 사용되어 왔는데, 일부 복합생균제의 형태로 사용하였을 경우 유해세균이 장 점막을 침입하는 것을 방지하고

(Fuller와 Brooker, 1974), butyric acid를 생산하여 장내 pH를 저하시키며 항균작용(Underdahl 등, 1982)을 하는 것으로 알려져 있다.

*S. cerevisiae*는 가장 일반적으로 사용되는 균주로서 이의 효과와 효능에 관한 연구는 비육우와 착유우를 대상으로 많이 이루어져 왔지만, 낙산균은 일부 국내 젖소 사육농가에서 사용되고 있음에도 불구하고 이에 대한 연구는 단위동물 및 어린송아지의 경우(최 등, 1991)를 제외하고는 거의 이루어지지 않았다. 따라서 본 연구는 *S. cerevisiae* 및 *C. butyricum*을 단독으로 또는 혼합하여 급여할 때 면양에서의 반추위내 발효성상과 소화율, 그리고 젖소를 이용한 사양시험을 통해 산유량과 유조성에 미치는 효과를 비교하기 위하여 실시되었다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험사료

(1) 면양 대사시험

대사시험은 4종류의 시험사료 대하여 반추위에 fistula가 장착된 4두의 Corriedale 종 수 면양(평균 체중 $62 \text{ kg} \pm 3.7$)을 이용하여 4×4 Latin square design으로 4 period에 걸쳐 실시되었다.

대사시험에서는 면양에 상업적으로 제조된 완전혼합사료(total mixed ration, TMR)를 급여하였는데, TMR의 배합율 표와 화학 조성은 Table 1에서 보는 바와 같다. TMR 사료에 상업적으로 제조된 *S. cerevisiae* 또는 *C. butyricum*을 첨가하였으며, 각각 trypticase peptone yeast extract 배지와 Clostridium acetobutyricum 배지에 배양하여 살아있는 균수를 확인하였다. 그 결과, 본 시험에 사용된 각각의 미생물제제의 수는 *S. cerevisiae*의 경우 2.04×10^7 cfu/g이었고 *C. butyricum*는 2.01×10^7 cfu/g이었다.

대사시험에서는 미생물제제를 급여하지 않은 처리구(control)와 *S. cerevisiae* (2.5 g/day, M-S.c) 또는 *C. butyricum* (1 g/day, M-C.b)를 급여한 처리구, 그리고 *S. cerevisiae* (1.25 g/day)와 *C. butyricum* (0.5 g/day, M-S.c + M-C.b)을 혼합하여 급여한 처리구 등 총 4처리구를 두었다.

Table 1. Formula and chemical composition of the TMR for the current experiment (DM basis)

Items	%
Formula	
Alfalfa	2.77
Beet pulp	4.34
Whole cottonseed	7.48
Tall fescue	8.50
Oat grass	2.68
Timothy	1.32
Orange meal	18.00
Brewers grain	24.20
Custom concentrate ¹⁾	26.10
Energe corn ²⁾	4.31
Sodium bicarbonate	0.30
Chemical compositions(%)	
Dry matter	58.00
Crude protein	14.44
Ether extract	3.53
Neutral detergent fiber	61.51
Organic matter	94.50

¹⁾ Commercially produced concentrate supplemented with minerals and vitamins for the TMR feeding of lactating cows.

²⁾ Commercially produced corn supplement.

(2) 착유우 사양시험

산유 증기에 해당되는 28두의 평균 두당 1일 산유량이 31.5 k인 Holstein 착유우 (평균체중 628 ± 21 kg, 평균 2.8산차)를 산차 및 산유량을 고려하여 시험사료에 따른 4개군(처리 당 7두)으로 grouping한 후 처리별로 군사시켜 사양시험을 실시하였다. 사양시험의 경우 대사시험에 서와 동일한 사료를 급여하였지만 미생물제제의 급여량만을 달리하였다. 즉, 미생물제제를 급여하지 않은 구(control)와 젖소 사육농가의 관행에 따라 기초사료에 *S. cerevisiae*를 1일 50g (F-S.c) 또는 *C. butyricum*을 15 g (F-C.b)을 급여한 처리구, 그리고 *S. cerevisiae* (25 g/day)와 *C. butyricum* (7.5 g/day)를 혼합하여 급여한 처리구 (F-S.c + F-C.b) 등 총 4처리를 두었다.

2. 시험동물 사양관리

(1) 면양 대사시험

면양 대사시험은 전 시험기간 동안 대사틀을 이용하여 실시하였다. 미생물제제 첨가구의 경우 3일 간격으로 TMR과 미리 정해진 량을 혼합한 후 4℃ 냉장고에 보관하면서 급여하였는데, 면양 두당 1.25 kg (건물 기준)을 1일 2회 (09:00 및 18:00) 동일한 량으로 나누어 급여하였으며 물과 mineral block은 자유로이 섭취토록 하였다. 대사시험은 각 period 당 14일간 실시하였는데, 그 중 10일간은 시험사료 적응기간으로, 그리고 그 후 4일은 시료 채취기간으로 하였다. 대사시험 기간의 실내 온도를 20~25℃로 유지하였으며, 각각의 period가 종료된 후 다음 period 시험이 개시되기 전 3일간 면양이 자유로이 운동할 수 있도록 하였다.

(2) 착유우 사양시험

사양시험의 경우 전체 처리구의 시험동물에 2주 동안 기초사료에 적응할 수 있는 기간을 두었다. 그 후 전 시험기간 동안 시험농장의 관행에 따라 각 처리별 사료 (24 kg/두/일, 건물 기준)를 1일 5회(04:30, 08:00, 10:30, 17:00 and 20:00)에 걸쳐 동일한 양으로 나누어 급여하였으며, 미생물제제 역시 정해진 양을 5회로 나누어 top-feeding 방법으로 급여하였다. 물과 mineral block은 자유로이 섭취토록 하였다. 본 사양시험은 2005년 9월 22일부터 12주에 걸쳐 실시되었다.

3. 조사항목 및 시료 분석

(1) 면양 대사시험

급여한 사료는 일반성분 분석을 위해 각 period의 개시 첫날에 채취하였으며, 전장 소화율 측정을 위해 사료 잔량과 배설된 분은 각 period의 13일 되는 날로부터 연속 2일간 수거하였다. 채취된 시료의 일반 성분은 AOAC (1984) 방법에 따라 분석하였으며, NDF 함량은 Van Soest 등(1991)이 제시한 방법에 따라 분석하였다.

시험 개시 후 11일부터 연속 2일간 아침 사료 (08:00) 급여 30분 전 및 급여 1, 3, 5h, 7h

및 9h 후에 반추위액을 채취하여 pH를 측정한다. 다음, 암모니아 농도 및 VFA 분석을 위해 4겹의 cheesecloth로 여과시켰다. 여과된 반추위액은 15,000 × g에서 15분간 원심분리시킨 다음 상층액의 일부는 Fawcett과 Scott (1960)의 방법에 따라 발색반응을 시킨 후 spectrophotometer (DU-650) 이용하여 암모니아 농도를 분석하였다. 또한 원심분리된 반추위액과 25% 인산을 4:1의 비율로 혼합하여 gas chromatograph (HP 5890 II, Hewlett Packard Co.)로 휘발성 지방산 (volatile fatty acids, VFA)을 분석하였는데, 이때 0.1ml pivalic acid 용액 (2%, w/v)을 internal standard로 첨가하였다.

(2) 착유우 사양시험

사료 섭취량 조사를 위해 사료 잔량은 1주간격으로 조사하였으며, 우유 생산량은 10일간격으로 연속 2일간 전자 측정 장치 (Analyst, AIC Co, USA)를 이용하여 조사하였다. 시험사료의 일반 성분과 NDF 함량은 대사시험에서와 동일한 방법으로 분석하였으며, 우유의 조성은 한국종축개량협회에서 분석한 성적을 이용하였다.

4. Data의 분석

조사된 일체의 성적은 SAS 통계 패키지 (1985)의 GLM procedure를 이용하여 분석하였으며, 처리간 성적은 S-N-K (Steel과 Torrie, 1980) 방법으로 비교하였다.

III. 결 과

1. 면양 대사시험

발효특성 및 영양소 소화율 : 전체 처리구에 걸쳐 TMR 급여 후 1시간까지 반추위액의 pH가 낮아지다가 5시간 후부터는 점차 증가하는 경향을 보였지만 첨가된 미생물제제로 인한 pH의 차이는 없었다 (Fig. 1). 반추위액 내 암모니아 농도의 경우 처리에 따라 사료급여 1시간 ~ 3시간 후까지 증가되다가 그 이후에는 점차

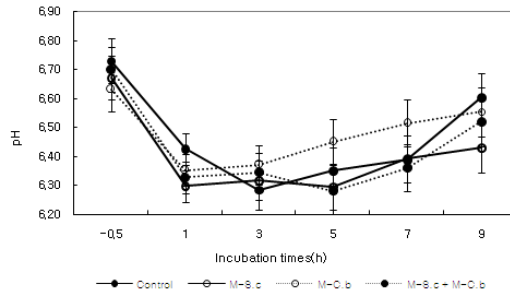


Fig. 1. Supplementation effect of *S. cerevisiae*, *C. butyricum* or its combination on pH of the rumen fluid in sheep.

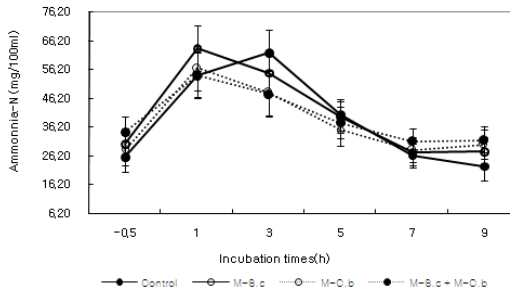


Fig. 2. Supplementation effect of *S. cerevisiae*, *C. butyricum* or its combination on ammonia-N content of the rumen fluid in sheep.

감소하는 경향을 보였다 (Fig. 2). 그러나 pH의 경우와 같이 미생물 첨가제의 종류 또는 첨가량에 따른 암모니아 농도의 차이는 없으므로 나타났다. 반추위 내에서 생성된 VFA 농도를 보면, 전체 처리구에 걸쳐 사료 급여 1시간 후에 농도가 가장 높게 증가한 후 점차 감소되는 경향을 보였으며, 반추위액의 전 채취시간에 걸쳐 *S. cerevisiae*와 *C. butyricum*를 혼합하여 급여한 처리구에서 비교적 높은 경향을 보였다 (Table 2). Acetic acid의 조성 비율은 급여한 미생물제제의 종류 및 급여량에 의한 큰 차이는 없었지만 전체 처리구에 걸쳐 사료 급여 후의 시간이 경과함에 따라 다소 증가되는 경향을 보였으며, 미생물 첨가제를 단독으로 또는 혼합하여 급여한 처리구에서 다소 높은 경향을 보였다 (Table 2). 그러나 propionic acid 조성 비율의 경우 사료 급여 후 1시간 ($P < 0.039$) 및 3시간 ($P < 0.022$)에서 다른 처리구에 비하여

Table 2. Total VFA concentration (mmoles/100ml) and molar proportion(%) of major VFA in rumen fluid of sheep as influenced by supplementation of microbial additives to the TMR ¹⁾

Items	Control	M-S.c*	M-C.b**	M-S.c+M-C.b	SEM ²⁾	Pr<F ³⁾
----- 0.5 h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	181.7	187.8	193.2	195.2	10.719	0.811
Proportions (mmoles/100mmoles) :						
Acetic acid (C ₂)	64.0	65.1	64.8	65.2	0.797	0.772
Propionic acid (C ₃)	20.5	19.7	20.2	19.9	0.671	0.860
Butyric acid	11.2	10.2	10.9	10.8	0.284	0.682
C ₂ /C ₃	3.18	3.30	3.22	3.30	0.134	0.882
----- 1 h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	232.1	231.6	237.5	245.6	10.154	0.746
Proportions (mmoles/100mmoles) :						
Acetic acid	61.8	63.8	62.2	62.2	0.714	0.441
Propionic acid	24.3 ^a	21.8 ^b	23.2 ^a	24.2 ^a	0.652	0.039
Butyric acid	9.9	9.7	10.2	9.6	0.343	0.663
C ₂ /C ₃	2.55 ^b	2.93 ^a	2.72 ^{ab}	2.58 ^b	0.097	0.040
----- 3 h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	228.3	231.0	229.1	239.6	11.603	0.375
Proportions (mmoles/100mmoles) :						
Acetic acid	62.2	63.9	63.4	63.3	0.646	0.514
Propionic acid	23.4 ^a	21.6 ^c	22.2 ^b	22.8 ^b	0.394	0.022
Butyric acid	10.2	9.8	9.9	9.8	0.334	0.803
C ₂ /C ₃	2.66	2.96	2.88	2.78	0.061	0.057
----- 5 h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	221.5	229.1	227.9	229.3	10.884	0.792
Proportions (mmoles/100mmoles) :						
Acetic acid	64.1	64.9	64.8	64.5	0.463	0.604
Propionic acid	22.4	21.6	21.6	22.1	0.325	0.208
Butyric acid	10.2	9.3	9.8	9.9	0.290	0.717
C ₂ /C ₃	2.86	3.00	3.11	2.92	0.059	0.195
----- 7 h -----						
Total VFA (mmoles/100ml)	213.6	218.0	219.5	226.0	10.937	0.428
Proportions (mmoles/100mmoles) :						
Acetic acid	64.9	65.3	64.2	65.1	0.688	0.750
Propionic acid	21.6	20.9	22.4	21.3	0.459	0.146
Butyric acid	10.2	9.7	9.8	10.2	0.279	0.716
C ₂ /C ₃	3.01	3.12	2.89	3.07	0.092	0.316

¹⁾ Means in the same row with different superscripts differ.

²⁾ Standard error of the mean.

³⁾ Probability levels.

* *Sacchromyces Cerevisiae*, ** *Clostridium Butyricum*

*S. cerevisiae*를 급여한 처리구에서 낮은 것으로 나타났다. Butyric acid 비율은 급여한 미생물제제의 종류 및 급여량에 의한 영향을 받지 않았다. 미생물 급여가 TMR 내 주요 성분의 전장 소화율에 크게 영향하지는 않았으나 고품질을 비롯한 모든 성분의 소화율은 *S. cerevisiae*와 *C. butyricum*를 혼합하여 급여한 처리구에서 다소 높은 경향을 보였다 (Table 3).

2. 착유우 사양시험

12주에 걸친 젖소 사양시험의 우유 생산량 추이는 Fig. 3에서 보는 바와 같다. 시험을 실시한 기간(9월 22일부터 12주)이 비교적 사료 섭취량에 영향을 적게 받을 수 있는 환경 온도였고, 사료 역시 5회에 걸쳐 급여했으나 우유 생산량은 처리구에 따라 주기적인 변동이 있는 것으로 보였다. 특히, 대조구의 경우 시험 개시 4주 및 8주에서 일시적으로 감소 추세를 보였으며 미생물제제 첨가구는 4주에 일시적인 증

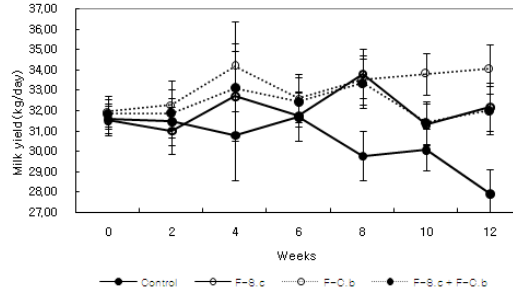


Fig. 3. Supplementation effect of *S. cerevisiae*, *C. butyricum* or its combination on patterns of milk production by Holstein cows.

가 경향을 보였다. 평균 1일 우유생산량은 대조구와 *S. cerevisiae*를 급여한 처리구에 비하여 *C. butyricum*를 단독으로 또는 *S. cerevisiae*와 혼합하여 급여한 처리구에서 높았으며 ($P < 0.026$), 우유 생산량에서의 결과 및 비슷한 사료 섭취량으로 인하여 사료 효율 역시 *C. butyricum*를 급여한 처리구에서 개선된 ($P <$

Table 3. Whole tract digestibility(%) of dietary components in sheep as influenced by supplementation of microbial additives to the TMR

Items	Control	M-S.c	M-C.b	M-S.c+M-C.b	SEM ¹⁾	Pr>F ²⁾
Dry matter	70.8	71.4	71.6	72.5	2.432	0.249
Crude protein	71.9	72.1	74.3	72.6	2.107	0.152
Ether extracts	79.8	81.6	80.6	82.1	1.882	0.084
Neutral detergent fiber	70.9	71.8	72.0	72.5	2.315	0.225
Organic matter	72.7	72.9	73.0	73.8	2.425	0.237

¹⁾ Standard error of the mean. ²⁾ Probability levels.

Table 4. Feed intake, yield and composition of milk, and milk urea-N as influenced by microbial additives

Items	Treatments				SEM ¹⁾	Pr>F
	Control	F-S.c	F-C.b	F-S.c + F-C.b		
DM intake (kg/day)	22.85	22.99	22.93	22.96	0.156	0.891
Milk yield (kg/day)	30.4 ^b	31.6 ^b	33.1 ^a	32.2 ^{ab}	0.648	0.031
Milk yield/DM intake	1.33 ^b	1.37 ^b	1.44 ^a	1.40 ^{ab}	0.106	0.043
Milk composition (%) :						
Milk protein	3.22	3.14	3.04	3.08	0.145	0.553
Milk fat	4.08	4.11	3.85	3.95	0.178	0.085
Total solids	8.64	8.65	8.57	8.54	0.065	0.674
MUN (mg/100ml) ²⁾	15.8	14.7	16.3	16.2	0.435	0.150

¹⁾ Standard error of means. ²⁾ Milk urea nitrogen.

0.043) 것으로 나타났다(Table 4). 유단백과 유지방 그리고 우유의 고형물 함량은 *C. butyricum* 를 급여한 처리구에서 다소 낮은 경향이 있었으나 미생물제제 급여로 인한 영향은 크지 않았으며, MUN 농도 역시 처리구간에 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 4).

IV. 고 찰

본 시험에서 미생물제제로는 일반적으로 사료에 널리 첨가되고 있는 균주인 *S. cerevisiae* 와 단위가축에서 주로 사용되어 왔던 *C. butyricum*이 이용되었다. 살아있는 미생물을 직접 사료에 첨가하는 것은 반추위 내 발효환경(Erasmus 등, 1992, 2005) 및 사료의 섭취량(Piva 등, 1993)과 소화율(Higginbotham 등, 1994)을 개선시키거나 장내 유익균의 우점(김 등, 2001)을 유도 할 수 있다.

본 시험에서 첨가된 미생물제제로 인한 반추위액의 pH 변화는 차이가 없었는데(Fig. 1), 이러한 결과는 Newbold 등(1995)이 *in vitro* 시험에서 효모균주의 하나인 Yea-Sacc 1026을 사료 1 kg 당 25g을 첨가하여 배양하였을 때, 배양액 내의 pH 변화에 영향하지 않았다는 연구 결과와 비슷하였다. Sullivan과 Martin(1999) 역시 시판되고 있는 효모 배양물을 배양액 1리터 당 0.35g 또는 0.73g을 첨가하여 배양한 결과, 배양액에서의 pH를 변화시키지 못하였다고 하였다. 그러나 Erasmus 등(2005)은 제한 급여하고 있는 다산의 Holstein 젖소에게 2,550 ppm의 효모 배양물을 급여한 결과 대조구에 비하여 반추위액의 pH를 소폭 높이며 반추위 발효환경을 개선하였다고도 하였다. 한편, 효모 배양물이 면양(Chademana와 Offer, 1990)과 젖소(Erasmus 등, 1992)의 반추위액 내 ammonia-N의 농도에 영향하지 않았다고 보고 한 바 있는데, 본 실험에서도 *S. cerevisiae*와 *C. butyricum*을 면양에게 단독 혹은 혼합하여 급여했지만 반추위액에서의 ammonia-N 농도에 영향을 미치지 않았다(Fig. 2).

반추위액 내 총 VFA의 농도는 처리간 유의적인 차이를 보이지 않았지만 *S. cerevisiae*와 *C.*

*butyricum*을 혼합하여 급여한 처리구의 경우 대조구 및 단일 급여구에 비하여 다소 높은 경향이였다. 이러한 결과는 두 균주가 상보적으로 작용한 것으로 사료된다. 특히 *S. cerevisiae*는 산소와의 강력한 친화력을 가지고 있기 때문에 반추위 내의 산소를 제거하여 혐기성 유익균을 증식을 도모할 가능성이 있으며(Rose, 1980; Piva, 1993), *C. butyricum*은 주로 주요 휘발성 지방산을 생산하는 균주(Araki 등, 2002a, 2002b)로 VFA 농도의 증가에 영향 할 수 있었던 것으로 사료된다. 이전의 연구에서 *C. butyricum*이 주요 VFA 생산을 증가시킬 수 있는 것으로 보고된 바 있다(김 등, 2001; Araki 등, 2002a, 2002b). 그러나 보고된 실험결과에 따르면 효모 배양물이 반추위 내 발효, 특히 VFA 농도에 다양하게 반응하는 것으로 알려졌다. 반추가축에게 효모 또는 효모 배양물을 급여함으로써 반추위 내 총 VFA의 농도에는 영향하지 않았지만(Adams 등, 1981; Chademana와 Offer, 1990) acetic acid(Mutasavangwa 등, 1992)와 propionic acid(Harrison 등, 1988; Dowson 등, 1990; Newbold 등, 1995)의 조성 비율을 증가시켰다. 급여한 *S. cerevisiae*가 pH에는 크게 영향하지 않았으나, Table 2에서 보는 바와 같이 본 실험의 결과에서는 사료 급여 후 1시간 및 3시간이 경과하였을 때 반추위액 내 acetic acid의 비율이 다소 높은 반면 propionic acid의 조성 비율은 다른 처리구보다 다소 낮은 것으로 나타났다는데, 이는 *S. cerevisiae* 급여로 섬유소 분해 환경이 개선됨으로서(Harrison 등 1988; Martin과 Nisbet, 1990; Erasmus 등, 2005) 다소 증가된 acetic acid 비율에 대한 propionic acid 비율의 상대적인 감소 때문인 것으로 여겨진다. 이와는 달리, *C. butyricum*을 단독으로 또는 *S. cerevisiae*와 혼합하여 급여한 처리구의 경우 동 시간대에서 propionic acid의 함량이 *S. cerevisiae* 급여구에 비하여 현저히($P < 0.05$) 높았으며 총 VFA의 농도 또한 혼합균주 급여구에서 다른 급여구에 비하여 다소 높은 경향이었는데, 이러한 결과는 *C. butyricum*을 급여한 처리구에서 propionate의 조성 비율이 높은 점과 관련이 있는 것으로 유추할 수 있다.

Yoon과 Stern (1996)은 젖소를 이용한 *S. cerevisiae* 급여 실험에서 효모균의 급여는 반추위 박테리아의 성장을 촉진한다고 하였으며, 반추위 내에서의 유기물 및 조단백질의 소화를 촉진하여 결과적으로 하부 장기로 이동되는 영양소의 양이 감소하였다고 하였다. 그러나 본 실험의 결과 급여한 사료의 건물을 비롯한 각 성분의 전장소화율은 혼합균주를 급여하였을 때 다른 급여구에 비하여 다소 개선된 효과만을 보였을 뿐이었다(Table 3).

본 대사실험으로부터 도출된 VFA 농도 및 조성 그리고 전장소화율 등의 결과로 유추할 때, 착유우에서 *S. cerevisiae*로 인하여 유지율이 개선되고, *C. butyricum*으로 인해서는 산유량과 사료 효율이 다소 개선 될 수 있을 것으로 보인다. 실제 착유우를 이용한 사양실험의 결과 일부 기대와 부합하는 결과를 얻을 수 있었다. *C. butyricum*을 급여한 처리구는 대조구와 *S. cerevisiae*를 단독으로 급여한 처리구 보다 12주간의 평균 유생산량이 현저히 높았다($P<0.031$, Table 4). 또한 각 급여구간 사료 섭취량이 거의 비슷함에 따라 사료 효율에 있어서도 *C. butyricum*과 혼합균주를 급여한 처리구가 *S. cerevisiae* 급여구와 대조구 보다 유의적으로 높았다($P<0.043$, Table 4). 유지방 함량에 있어서는 큰 차이가 없었지만 *S. cerevisiae* 급여구가 *C. butyricum* 급여구에 비하여 유지방 함량이 높은 경향이 있었다($P<0.085$). 본 실험에서 얻어진 결과와 유사한 결과들이 보고된 바 있다. Oetzel 등(2007)은 Holstein-Friesian 젖소에게 1일 두당 2g의 효모를 급여한 결과 유지방과 유단백질의 함량을 높였다고 하였으며, 유생산량은 부분적으로 생산량이 증가하였다고 보고하였는데, 이 실험에서 유생산량의 증가는 효모 급여로 기인된 DMI 증가 결과 나타난 결과로 보인다. 또한 Piva 등 (1993)은 효모 배양물 (10×10^9 cells/g)을 젖소에게 두당 하루 10g씩 급여한 결과 유생산량, 4%FCM 생산량 및 유지방 생산량이 대조구에 비하여 유의적으로 높다고 하였다.

일반적으로 사료에 *S. cerevisiae*를 첨가하여 젖소에게 급여시 사료 섭취량과 우유 생산성

등이 개선되는 것은 크게 두 가지 이유가 있는 것으로 사료된다. 첫 번째는 부분적이지만 섬유소의 분해가 개선되는 것(Martin과 Nisbet, 1992)과, 다음으로 소장으로 유입되어 흡수되어지는 아미노태 질소의 양이 증가된 점에서 기인된다고(Williams 등, 1990; Erasmus 등, 1992) 할 수 있다. 이러한 현상은 *S. cerevisiae*를 급여함으로 인해 반추위 내에서 혐기성 반추위 미생물의 수와 활력이 증가되는 것에 기인하는 것으로 유추할 수 있는데, 보통 50%에서 100% 미생물의 수가 증가된다고 보고된 바 있다(Wallace와 Newbold, 1993). Martin과 Nisbet (1992) 그리고 Wallace와 Newbold(1993)도 섬유소 분해 박테리아의 수가 현저히 증가되었다고 하였다. 그러나 본 사양시험의 결과에서는 *S. cerevisiae* 및 *C. clostridium*의 첨가가 유지방함량 외에는 유성분 변화에 영향을 미치지 않았다.

이상의 결과를 종합하면, 산유량을 높이기 위해서는 *C. butyricum*을 단독 급여하는 것이 유리한 것으로 보이며, 유지방 함량을 높이기 위해서는 *S. cerevisiae*를 단독으로 급여하는 것이 유리할 수 있는 것으로 판단된다. 또한 이들 균주를 혼합하여 급여하였을 때 산유량, 사료 효율 및 유지방 함량에 있어 상호 보완 할 수 있을 것으로 기대된다. 그러나 *C. butyricum*의 경우 반추가축 특히 젖소에 있어 미생물제제가 반추 미생물의 활동과 하부 장지에서 작용하는 효과에 대해서는 보완 연구가 필요할 것으로 사료된다.

V. 요 약

본 일련의 시험은 *S. cerevisiae*와 *C. butyricum*을 단독 혹은 혼합하여 급여시 면양의 반추위내의 발효성상 및 전장소화율과 젖소에서 유생산성에 미치는 효과를 조사하고자 실시되었다. 면양을 이용한 대사시험은 반추위에 캐놀라가 장착이 된 면양 4두를 이용하여 4×4 Latin square 방법으로 실시되었다. 각각의 처리구는 모두 기본적으로 1.25 kg의 TMR 사료를 급여하였고(대조구), *S. cerevisiae* 처리구는 두

당 하루 2.5g을 급여하였고, *C. butyricum* 처리구는 두당 하루 1.0g을 급여하였으며, 혼합균주 처리구는 1.75g의 *S. cerevisiae*와 0.5g의 *C. butyricum*을 급여하였다. 사양시험의 경우 처리구별 7두씩 총 28두의 비유중인 Holstein 젖소를 이용하여 대사실험에서와 같이 4개의 처리구를 두었으며, TMR 사료는 대사실험과 동일한 사료를 사용하였다. 각각의 처리구는 TMR 사료만 급여하는 대조구, *S. cerevisiae* 50 g/day 급여구, *C. butyricum* 15 g/day 급여구 및 이들 균주의 혼합 급여구(*S. cerevisiae* 25 g/day + *C. butyricum* 7.5 g/day)로 하여 시험을 12주에 걸쳐 실시하였다. 조사된 결과를 요약하면 다음과 같다.

면양의 대사실험 결과 각각의 미생물 균주 또는 혼합 균주는 반추위액의 pH 및 ammonia-N의 농도에 영향하지 않았으나 총 VFA 농도는 다소 증가시킨 경향이였다. 그러나 *S. cerevisiae* 급여구에서 사료 급여 후 1시간 ($P<0.039$)과 3시간 ($P<0.022$)이 경과하였을 때 반추위액내의 propionic acid의 조성 비율이 다른 처리구에 비하여 현저히 낮은 반면 acetic acid 비율은 다소 높은 경향을 보였다. 사양실험 결과 미생물 첨가제의 급여가 건물 섭취량에는 영향하지 않았으나 유생산량 ($P<0.031$)과 사료효율 ($P<0.031$)에 있어서는 다른 급여구에 비하여 *C. butyricum*을 급여구에서 현저히 높았다. 유지방 함량에 있어서는 대체적으로 *S. cerevisiae* 급여구 (4.11%)에서 대조구 (4.08%), *C. butyricum* (3.85%) 및 혼합균주 급여구 (3.95%)에 비하여 다소 높은 경향이였다 ($P<0.085$). 이러한 결과로 미루어 보아 사용된 2 종류의 미생물 첨가제 중 *C. butyricum*이 보다 유생산량에는 영향하는 것으로 사료되며, *S. cerevisiae*와 혼합 균주를 사용함으로 유지방 함량을 다소 높일 수 있을 것으로 기대된다.

VI. 인 용 문 헌

- Adams, D. C., Galyean, M. L., Kiesling, H. E., Wallace, J. D. and Finker, M. D. 1981. Influence of viable yeast culture, sodium bicarbonate and monensin on liquid dilution rate, rumen fermentation and feedlot performance of growing steers and digestibility in lambs. *J. Anim. Sci.* 53:780.
- AOAC. 1984. Official Methods of Analysis(14th ed.). Association of Official Analytical Chemists, Washington, D.C.
- Araki, Y., Andoh, A., Fujiyama, Y., Takizawa, J., Takizawa, W. and Bamba, T. 2002a. Oral administration of a product derived from *Clostridium butyricum* in rats. *Int. J. Mol. Med.* 9, 53-57.
- Araki, Y., Andoh, A., Fujiyama, A., Takizawa, J., Takizawa, A. and Bamba, T. 2002b. Short-term oral administration of a product derived from a probiotic, *Clostridium butyricum* induced no pathological effects in rats. *Int. J. Mol. Med.* 9, 173-177.
- Beharka, A. A. and Nagaraja, T. G. 1993. Effects of *Aspergillus oryzae* extract on *in vitro* fiber digestion. *J. Dairy Sci.* 78:573-581.
- Chadema, I. and Offer, N. W. 1990. The effect of dietary inclusion of yeast culture on digestion in the sheep. *Anim. Prod.* 50:483.
- Dawson, K. A., Newman, K. E. and Boling, J. A. 1990. Effects of microbial supplements containing yeast and lactobacilli on roughage-fed ruminal microbial activities. *J. Anim. Sci.* 68:3392.
- Erasmus, L. J., Robinson, P. H., Ahmadi, A., Hinders, R. and Garrett, J. E. 2005. Influence of prepartum and postpartum supplementation of a yeast culture and monensin, or both, on ruminal fermentation and performance of multiparous dairy cows. *Animal Feed Sci. and Tech.* 122:219-239.
- Erasmus, L. J., Botha, P. M. and Kistner, A. 1992. Effect of yeast culture supplement on production, rumen fermentation, and duodenal digesta flow in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 75:3056.
- Fawcett, J. K. and Scott, J. E. 1960. A rapid and precise method for the determination of urea. *J. Clin. Pathol.* 13:156.
- Fuller R. and Brooker, B. E. 1974. Lactobacilli which attach to the crop epithelium of the fowl. *Am J Clin Nutr.* 27(11):1305-1312.
- Gomez-Alarcon, R. A., Dudas, C. and Huber, J. T. 1990. Influence of cultures of *Aspergillus oryzae* on rumen and total tract digestibility of dietary components. *J. Dairy Sci.* 73:703.
- Harrison, G. A., Hemken, R. W., Dawson, K. A., Harmon, R. J. and Barker, K. B. 1988. Influence of addition of yeast culture supplement to diets of lactating cows on ruminal fermentation and

- microbial populations. *J. Dairy. Sci.* 71:2967.
14. Higginbotham, G. E., Collar, C. A., Aseltine, M. S. and Bath, D. L. 1994. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* extract on milk yield in a commercial dairy herd. *J. Dairy Sci.* 77:343-348.
 15. MaGilliard, M. L. and Stallings, C. C. 1988. Increase milk yield of commercial dairy herds fed a microbial and enzyme supplement. *J. Dairy Sci.* 81:1353-1357.
 16. Martin, S. A. and Nisbet, D. J. 1990. Effects of *Aspergillus oryzae* fermentation extract on fermentation of amino acids, bermudagrass and starch by mixed ruminal microorganisms *in vitro*. *J. Anim. Sci.* 68:2142.
 17. Martin, S. A. and Nisbet, D. J. 1992. Effect of direct-fed microbials on rumen microbial fermentation. *J. Dairy Sci.* 75:1736.
 18. Mutsvangwa, T., Edwards, I. E., Topps, J. H. and Paterson, G. F. M. 1992. The effect of dietary inclusion of yeast culture (Yea-Sacc) on patterns of rumen fermentation, food intake and growth of intensively fed bulls. *Anim. Prod.* 55:35.
 19. Newbold, C. J., Wallace, R. J. and McIntosh, F. M. 1995. Different strains of *Saccharomyces cerevisiae* differ in their effects on ruminal bacterial numbers *in vitro* and in sheep. *J. Anim. Sci.* 73:1811-1818.
 20. Nocek, J. E. and Kautz, W. P. 2006. Direct-fed microbial supplementation on ruminal digestion, health, and performance of Pre- and Postpartum dairy cattle. *J. Dairy Sci.* 89:260-266.
 21. Oetzel, G. R., Emery, K. M., Kautz, W. P. and Nocek, J. E. 2007. Direct-fed microbial supplementation and health and performance of pre- and postpartum dairy cattle: A field trial. *J. Dairy Sci.* 90:2058-2068.
 22. Piva, G., Belladonna, S., Fusconi, G. and Sicbaldi, F. 1993. Effects of yeast on dairy cow performance, ruminal fermentation, blood components, and milk manufacturing properties. *J. Dairy Sci.* 76:2717-2722.
 23. Rose, A. H. 1980. Recent research on industrially important strains of *Saccharomyces cerevisiae*. In: F. A. Skinner, S. M. Passmore and R. R. Davenport(ed.) *Biology and Activities of Yeasts*. The Society for Applied Bacteriology Symposium Series 9:103. Academic press. London.
 24. SAS. 1985. *SAS User's Guide: Statistical Analysis Systems Institute, Inc., Cary, NC.*
 25. Sullivan, H. M. and Martin, S. A. 1999. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* culture on *in vitro* mixed ruminal microorganism fermentation. *J. Dairy Sci.* 82:2011-2016.
 26. Steel, R. G. D. and Torrie, J. H. 1980. *Principles and Procedures of Statistics*. McGraw Hill Book Co., NY.
 27. Underdahl, R., Torres-Medina, A. and Doster, A. R. 1982. Effect of *Streptococcus faecium* C-68 in control of *Escherichia coli* induced diarrhea in gnotobiotic pigs. *Am. J. Vet. Res.* 43:2227-2232.
 28. Van Soest, P. J., Robertson, J. B. and Lewis, B. A. 1991. Methods for fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. *J. Dairy Sci.*, 74: 3583-3597.
 29. Wallace, R. J. and Newbold, C. J. 1993. Rumen fermentation and its manipulation: the development of yeast cultures as feed additives. In: *Biotechnology in the Feed Industry* (Ed.: Lyons, T.P.). Alltech Technical Publications, Nicholasville, Kentucky, 173-192
 30. Wiedmeier, R. D., Arambel, M. J. and Walters, J. L. 1987. Effect of yeast culture and *Aspergillus oryzae* fermentation extract on ruminal characteristics and nutrient digestibility. *J. Dairy Sci.* 70:2063.
 31. Williams, P. E. V., Walker, A. and MacRae, J. C. 1990. Rumen probiosis: The effects of addition of yeast culture (viable yeast {*Saccharomyces cerevisiae* + growth medium}) on duodenal protein flow in wether sheep *Proc. Nutr. Soc.* 49:128A (Abstr.).
 32. Williams, P. E. V., Tait, C. A. G., Innes, G. M. and Newbold, C. J. 1991. Effects of the inclusion of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae* plus growth medium) in the diet of dairy cows on milk yield and forage degradation and fermentation patterns in the rumen of steers. *J. Anim. Sci.* 69:3016.
 33. Yoon, I. K. and Stern, M. D. 1996. Effects of *Saccharomyces cerevisiae* and *Aspergillus oryzae* cultures on ruminal fermentation in dairy cows. *J. Dairy Sci.* 79:411-417.
 34. 김재황, 김창현, 고영두. 2001. 복합생균제 (Economix®)의 사료내 첨가가 착유우의 생산성 및 경제성에 미치는 영향. *한국동물자원과학회지*. 43(3):369-380.
 35. 최재국, 고영균, 홍병주. 1991. 생균제 급여가 송아지 육성 성적에 미치는 영향. *한국축산학회지*. 33(2):144.
- (접수일자 : 2007. 10. 25. / 채택일자 : 2007. 12. 17.)