

## 착즙부산물을 이용한 발효사료가 육성돈의 영양소 소화율 및 질소균형에 미치는 영향

이제현 · 정현정 · 김동운 · 이성대 · 김상호 · 김인철 · 김인호\* · 오상집\*\* · 조성백  
농촌진흥청 국립축산과학원

### Effects of Fermented Diets Including Liquid By-products on Nutrient Digestibility and Nitrogen Balance in Growing Pigs

Je Hyun Lee, Hyun Jung Jung, Dong Woon Kim, Sung Dae Lee, Sang Ho Kim,  
In Cheul Kim, In Ho Kim\*, Sang Jip Ohh\*\* and Sung Back Cho  
National Institute of Animal Science, RDA

#### Summary

This study was conducted to evaluate the effects of fermented diets including liquid by-products on nutrient digestibility and nitrogen balance in growing pigs. Treatments were 1) CON (basal diet), 2) F (fermented diet with basal diet), 3) KF (fermented diet with basal diet including 30% kale pomace), 4) AF (fermented diet with basal diet including 30% *angelica keiskei* pomace), 5) CF (fermented diet with basal diet including 30% carrot pomace) and 6) GF (fermented diet with basal diet including 30% grape pomace). A total of 24 pigs (41.74kg average initial body weight, Landrace × Yorkshire × Duroc), were assigned to 6 treatments, 4 replicates and 1 pig per metabolic cage in a randomized complete block (RCB) design. Pigs were housed in 0.5×1.3m metabolic cage in a 17d digestibility trial. During the entire experimental period, Digestibility of dry matter ( $p<0.05$ ) of treatment CON, F and CF were higher than other treatments. In crude protein digestibility, treatment F was higher than treatment AF and GF ( $p<0.05$ ). Treatment GF showed the lowest digestibility of crude fiber among all treatments ( $p<0.05$ ). In ether extract digestibility, treatment AF and CF showed higher than other treatments ( $p<0.05$ ) except KF treatment. CF treatment showed the best digestibility of ash among all treatments ( $p<0.05$ ). Whereas, For Ca and P digestibility, CF and GF treatments were improved than other treatments ( $p<0.05$ ). Energy digestibility ( $p<0.05$ ) of CON, F and CF treatments were higher than KF, AF and GF treatments. In total essential amino acid digestibility, F treatment was improved than AF, CF and GF treatments ( $p<0.05$ ). In total non-essential amino acid digestibility, F treatment was higher than CON, AF and GF treatments ( $p<0.05$ ). In total amino acid digestibility, F treatment was higher than AF and CF treatments ( $p<0.05$ ) and GF treatment showed the lowest digestibility ( $p<0.05$ ). In fecal nitrogen excretion ratio, GF treatment was greatest among all treatments ( $p<0.05$ ) and F treatment was decreased than other treatments ( $p<0.05$ ). In urinary nitrogen excretion ratio, CON

\* 단국대학교 (Dankook University)

\*\* 강원대학교 (Kangwon National University)

Corresponding author : S. B. Cho, Swine Science Division, National Institute of Animal Science, RDA, San9, Eoryong-ri, Seonghwan-eup, Cheonan-si, Chungnam, 330-801, Rep of Korea.

Tel: 041-580-3446, E-mail: csb652@rda.go.kr

2010년 3월 25일 투고, 2010년 5월 8일 심사완료, 2010년 5월 12일 게재확정

and GF treatments showed the lowest among all treatments ( $p<0.05$ ). In nitrogen retention ratio, CON treatment showed the high and KF treatment showed the lost among all treatments ( $p<0.05$ ). Therefore, this experiment suggested that fermented diet could improve nutrient and amino acid digestibilities of growing pigs.

(Key words : Liquid by-product, Fermented diet, Digestibility, Pigs)

## 서 론

우리나라에는 매년 수백만 톤의 착즙 부산물이 발생되고 있는데 이들 대부분은 수분 함량이 60% 이상으로서 산업폐기물로 분류되어 처리되고 있다. 그러나 이들을 가공하여 돼지사료로 이용하면 (Scholten 등, 1999) 태우거나, 버리는 등의 처리방법을 사용하지 않기 때문에 환경 친화적이라고 할 수 있다 (Scholten and Verdoes, 1997). 일반적으로 단 위동물 사료에 섬유소원을 첨가하면 아미노산, 광물질 및 에너지 이용율이 감소되기 때문에 (Dierick 등, 1989) 수분과 섬유소 함량이 높은 착즙 부산물을 양돈사료로 거의 사용하지 않고 있다. 이들 부산물을 사료화하는데 가장 손쉬운 가공법이 발효인데, 발효가 완료되면 젖산균, 효모 및 젖산 수준이 높아지고 산도가 낮아져서 (Jensen and Mikkelsen, 1998b; Canibe 등, 2001; Lawlor 등, 2002) 대장균이나 살모넬라와 같은 좋지 않은 미생물들의 사료내 성장을 억제하고 (Russell 등, 1996; Jensen and Mikkelsen, 1998a) 돼지의 설사 발생률을 감소시키며 (Lindecrona 등, 2000), 체장액의 분비 자극과 움모 발달을 촉진하여 영양소 이용률이 개선된다 (Scholten 등, 1999). 그러나 착즙 부산물의 경우 지역적·계절적 제한, 부패위험, 높은 함수율과 섬유소 함량으로 인하여 돼지의 생산성이 떨어질 가능성도 있다 (Smiricky-Tjardes 등, 2003).

본 시험은 수분과 섬유소 함량이 높은 착즙 부산물을 양돈사료로 이용하고자 가루사료와 착즙 부산물을 일정비율로 혼합한 다음 생균제를 접종하여 제조한 발효사료에 대하여 영양소 소화율, 분뇨 배설량 및 질소균형

을 구명하고자 수행 하였다.

## 재료 및 방법

### 1. 시험동물 및 시험설계

개시체중 41.74 kg인 3원 교잡종 [(Yorkshire × Landrace) × Duroc] 24두를 6처리 4반복으로 복당 1두씩 난괴법으로 배치하였다. 시험 기간동안 대사케이지 (0.5×1.3 m)에 수용하여 10 일간의 적응기를 거쳐 7일간 전량의 분과 뇨를 채취하였다. 처리구는 1) 가루사료 (CON), 2) 발효사료 (F), 3) 케일박 혼합 발효사료 (KF), 4) 신선초박 혼합 발효사료 (AF), 5) 당근박 혼합 발효사료 (CF) 및 6) 포도박 혼합 발효사료구 (GF)로 이었다.

### 2. 시험사료 및 사양관리

기초사료는 NRC (1998) 요구량에 따라 옥수수·대두박 위주로 배합 하였다 (Table 1). 사료는 1일 2회 (09:00, 16:00) 건물기준으로 체중의 2.5%를 급여하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유롭게 마실 수 있도록 하였다. 사료급여량은 시험개시시 체중을 측정하여 결정하였으며, 영양소 소화율과 질소 배설량을 측정하기 위하여 시험기간 7일 동안 분뇨를 전량 수거하였다. 이때 분과 뇨는 1일 2회 (10:00, 17:00) 수거하였으며, 뇨의 질소 휘산을 막기 위해 9M HCl 3 ml를 첨가하였다. 수거한 전량의 분과 뇨는 각각 -20℃와 4℃에 보관 후 총량을 측정한 후 분석에 이용하였다.

Table 1. Formula and chemical composition of the basal diet

Ingredient (%)	Basal diet
Corn	62.57
Soybean meal (44%)	19.08
Wheat	6.41
Molasses	4.00
Wheat bran	1.57
Soy oil	3.00
Fish meal (57%)	0.43
Limestone	1.09
DCP	0.73
Salt	0.25
Lysine	0.25
Mineral Mixture <sup>1)</sup>	0.25
Vitamin-Mixture <sup>2)</sup>	0.27
Antibiotics	0.10
Total	100.00
Chemical composition <sup>3)</sup>	
Dry matter (%)	86.60
Gross energy (kcal/kg)	3,922
Crude protein (%)	14.72
Ether extract (%)	5.94
Crude fiber (%)	2.79
Crude ash (%)	3.83
Ca (%)	1.07
Total P (%)	0.49

<sup>1)</sup> Provided the following per kilogram of diet : choline chloride 700 mg; selenium 0.15 mg; manganese 0.03 g; zinc 0.1 g; iron 0.1 g; iodine 0.5 mg; magnesium 0.1 g.

<sup>2)</sup> Provided the following per kilogram of diet : vitamin A 5,500 IU; vitamin D<sub>3</sub> 550 IU; vitamin E 27 IU; menadione sodium bisulfate 2.5 mg; pantothenic acid 27 mg; niacin 33 mg; riboflavin 5.5 mg; vitamin B<sub>12</sub> 0.04 mg; thiamin 5 mg; pyrid-oxine 3 mg; biotin 0.24 mg; folic acid 1.5 mg.

<sup>3)</sup> Analyzed values.

### 3. 발효사료 제조

발효사료 처리구 (F)는 대조구 사료에 19.6%의 물과 0.2%의 생균제 (*Lactobacillus reuteri*,  $1.2 \times 10^6$  cfu/g + Yeast culture,  $1.2 \times 10^6$  cfu/g)를

혼합하여 혐기발효 하였다. 착즙부산물 발효 사료는 대조구 사료와 착즙부산물을 건물기준 7:3 비율로 혼합 후 0.2%의 생균제 (*Lactobacillus reuteri*,  $1.2 \times 10^6$  cfu/g + Yeast culture,  $1.2 \times 10^6$  cfu/g)를 접종하여 혐기발효 시켰다. 착즙부산물 발효사료에 이용된 케일박, 신선 초박, 당근박 그리고 포도박의 일반성분 및 아미노산 조성은 Table 2와 같다. 발효사료는 25°C에서 10일간 발효하여 제조되었으며, 처리구별 사료의 일반성분 및 아미노산 조성은 Table 3에 나타내었다.

### 4. 화학분석

사료와 분의 일반성분은 AOAC (1995) 방법에 의해 분석하였으며, 총에너지 함량은 카로리 측정기 (Model 1241, Parr Instrument Co., USA)를 이용하여 측정하였다. 아미노산 함량은 6N HCl로 110°C에서 16시간 동안 가수분해 시킨 후, 아미노산 분석기 (L-8500A, Hitachi, Japan)를 이용하여 분석하였다.

### 5. 통계분석

모든 자료는 SAS (1996)의 GLM Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리간 차이는 Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)를 이용하여 검정하였다.

## 결과 및 고찰

### 1. 일반성분 및 에너지 소화율

처리구별 일반성분 및 에너지 소화율은 Table 4와 같다. 건물 소화율은 F, CF 및 대조구가 각각 88.21, 88.66, 87.24%으로 AF 및 KF 처리구보다 유의적으로 높았으며 ( $p < 0.05$ ), GF 처리구가 65.21%로 가장 낮은 소화율을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 조단백질 소화율에서는 F 처

Table 2. Proximate nutrients and amino acid profiles of pomace by-products (DM basis)<sup>1)</sup>

Items	Kale meal	<i>Angelica keiskei</i> meal	Carrot meal	Grape meal
Dry matter (%)	12.71	15.83	9.75	29.23
Gross energy (kcal/kg)	3,704	3,722	3,488	4,830
Crude protein (%)	17.55	9.52	7.89	8.26
Ether extract (%)	3.23	1.15	2.82	7.67
Crude fiber (%)	19.28	25.62	14.79	38.24
Crude ash (%)	8.61	6.35	5.16	2.25
Ca (%)	1.78	1.66	0.32	0.21
Total P (%)	0.23	0.26	0.31	0.23
Essential amino acids (%)				
Arginine	0.77	0.45	0.27	0.47
Histidine	0.31	0.17	0.08	0.20
Isoleucine	0.55	0.35	0.19	0.28
Leucine	1.13	0.73	0.30	0.55
Lysine	0.85	0.49	0.21	0.33
Methionine	0.20	0.13	0.05	0.11
Phenylalanine	0.72	0.47	0.17	0.32
Threonine	0.72	0.43	0.21	0.30
Valine	0.79	0.45	0.27	0.36
Non-essential amino acids (%)				
Alanine	0.89	0.53	0.63	0.49
Asparatic acid	1.52	0.87	0.88	0.65
Cystine	0.19	0.12	0.10	0.15
Glutamic acid	1.93	1.00	1.00	1.47
Glycine	0.76	0.50	0.22	0.56
Proline	0.77	0.41	0.18	0.34
Serine	0.77	0.43	0.25	0.36
Tyrosine	0.35	0.30	0.11	0.16
Total amino acids (%)	13.22	7.81	5.10	7.10

<sup>1)</sup> Analyzed values.

리구가 84.53%로 78.57%인 AF 처리구보다 유의적으로 높았으며 (p<0.05), GF 처리구가 61.82%로 가장 낮았다 (p<0.05). 조섬유 소화율은 GF 처리구가 56.21%로 가장 낮았으며 (p<0.05), 다른 처리구들은 서로 간에 유의적인 차이가 없었다 (p>0.05). 조지방 소화율에 있어서는 AF와 CF 처리구가 각각 80.65와 79.47%로 F와 대조구의 60.64, 58.02% 보다 높았고 (p<0.05), GF 처리구가 11.54%로 가장 낮았다 (p<0.05). 조회분 소화율에 있어서는 CF 처리구가 74.16%로 가장 높았고 (p<0.05),

대조구가 56.92%로 가장 낮은 소화율을 보였다 (p<0.05). 칼슘 소화율은 79.6%인 GF 처리구가 74.87%인 CF 처리구를 제외한 모든 처리구보다 유의적으로 높은 소화율을 보였고 (p<0.05), 인 소화율은 CF와 GF 처리구에서 각각 72.53, 70.06%으로 다른 처리구들 (50.00~59.98%) 보다 유의적으로 높은 소화율을 보였다 (p<0.05). 에너지 소화율에 있어서는 F, CF 및 대조구가 각각 87.34, 86.79, 86.1%로 82.35, 80.76%인 AF 및 KF 처리구보다 높았으며 (p<0.05), GF 처리구가 59.91%로 가장

Table 3. Proximate nutrients and amino acid composition of experimental diets (DM basis)<sup>1)</sup>

Items	CON <sup>2)</sup>	F <sup>2)</sup>	KF <sup>2)</sup>	AF <sup>2)</sup>	CF <sup>2)</sup>	GF <sup>2)</sup>
Dry matter (%)	86.60	61.51	30.32	35.03	31.15	37.83
Gross energy (kcal/kg)	3,922	4,224	3,974	4,010	4,014	4,454
Crude protein (%)	14.72	15.60	17.30	13.13	14.53	14.55
Ether extract (%)	5.94	5.83	4.59	4.91	4.59	7.30
Crude fiber (%)	2.79	3.00	8.40	12.41	5.72	15.59
Crude ash (%)	3.83	3.86	5.52	4.83	4.15	3.59
Ca (%)	1.07	0.98	1.28	1.31	0.79	0.72
Total P (%)	0.49	0.52	0.50	0.42	0.47	0.43
Essential amino acids (%)						
Arginine	0.88	0.94	0.79	0.68	0.70	0.74
Histidine	0.36	0.39	0.34	0.28	0.32	0.34
Isoleucine	0.51	0.55	0.67	0.47	0.49	0.51
Leucine	1.35	1.44	1.59	1.15	1.21	1.23
Lysine	0.99	0.89	0.74	0.79	0.61	0.82
Methionine	0.20	0.20	0.21	0.17	0.16	0.19
Phenylalanine	0.72	0.78	0.87	0.61	0.62	0.65
Threonine	0.59	0.62	0.64	0.54	0.54	0.56
Valine	0.60	0.63	0.85	0.58	0.59	0.62
Non-essential amino acids (%)						
Alanine	0.80	0.83	1.39	0.75	0.95	0.80
Asparatic acid	1.48	1.55	1.44	1.25	1.31	1.33
Cystine	0.25	0.29	0.28	0.21	0.24	0.25
Glutamic acid	2.83	3.03	2.66	2.14	2.64	2.68
Glycine	0.64	0.68	0.82	0.62	0.60	0.70
Proline	0.93	1.09	1.14	0.77	0.89	0.90
Serine	0.80	0.84	0.79	0.66	0.71	0.73
Tyrosine	0.49	0.51	0.50	0.39	0.38	0.38
Total amino acids (%)	14.41	15.26	15.71	12.07	12.96	13.41

<sup>1)</sup> Analyzed values.

<sup>2)</sup> Abbreviated CON, dry compound diet; F, fermented liquid compound diet; KF, fermented liquid compound diet with 30% kale pomace; AF, fermented liquid compound diet with 30% *angelica keiskei* pomace; CF, fermented liquid compound diet with 30% carrot pomace; GF, fermented liquid compound diet with 30% grape pomace.

낮았다 ( $p < 0.05$ ).

Sauer 등 (1991)은 사료내 3, 6, 9%의 섬유소 첨가시 건물 소화율이 직선적으로 감소하였으며, 고섬유소 사료 급여시 건물, 단백질 그리고 에너지 소화율이 낮아진다고 하였다. 본 시험에서도 당근 발효사료 처리구를 제외한 모든 착즙부산물 발효사료 처리구에서 건물, 단백질, 에너지 소화율이 감소하였다. Hong과 Lindberg (2007)는 육성돈에 발효

사료 급여시 조단백질과 조섬유의 회장소화율이 개선되었다고 하였다. Varel 등 (1984)은 육성돈에 고섬유소 사료 급여시 일당증체량과 사료효율이 감소되었으나 섬유소 분해 세균수와 cellulase 활성의 증가를 보고하였다. 발효사료는 위의 산도를 낮춤으로써 펩신의 활성을 증가시키고 (Taylor, 1959, 1962), 위의 공복시간을 줄여주어 위에서 소화되는 시간을 증가시킴으로써 (Mayer, 1994) 소화율이

Table 4. Effects of fermented diets including liquid by-products on approximate nutrient and energy digestibility in growing pigs

Items (%)	CON <sup>1)</sup>	F <sup>1)</sup>	KF <sup>1)</sup>	AF <sup>1)</sup>	CF <sup>1)</sup>	GF <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
DM	87.24 <sup>a</sup>	88.21 <sup>a</sup>	82.92 <sup>b</sup>	84.26 <sup>b</sup>	88.66 <sup>a</sup>	65.21 <sup>c</sup>	0.79
CP	82.74 <sup>ab</sup>	84.53 <sup>a</sup>	82.55 <sup>ab</sup>	78.57 <sup>b</sup>	81.79 <sup>ab</sup>	61.82 <sup>c</sup>	1.41
CF	82.11 <sup>a</sup>	77.92 <sup>a</sup>	75.49 <sup>a</sup>	72.24 <sup>a</sup>	72.17 <sup>a</sup>	56.21 <sup>b</sup>	4.71
EE	58.02 <sup>b</sup>	60.64 <sup>b</sup>	68.45 <sup>ab</sup>	80.65 <sup>a</sup>	79.47 <sup>a</sup>	11.54 <sup>c</sup>	4.77
ash	56.92 <sup>c</sup>	60.20 <sup>bc</sup>	61.95 <sup>bc</sup>	61.01 <sup>bc</sup>	74.16 <sup>a</sup>	63.30 <sup>b</sup>	1.78
Energy	86.10 <sup>a</sup>	87.34 <sup>a</sup>	80.76 <sup>b</sup>	82.35 <sup>b</sup>	86.79 <sup>a</sup>	59.91 <sup>c</sup>	0.95

<sup>1)</sup> Abbreviated CON, dry compound diet; F, fermented liquid compound diet; KF, fermented liquid compound diet with 30% kale pomace; AF, fermented liquid compound diet with 30% *angelica keiskei* pomace; CF, fermented liquid compound diet with 30% carrot pomace; GF, fermented liquid compound diet with 30% grape pomace.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>abc)</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $p < 0.05$ ).

증가 될 수 있다. 본 시험에서도 포도박 발효사료를 제외하고는 섬유소 소화율에 있어 차이를 보이지 않았다. 포도박 발효사료의 건물, 조단백질, 조지방, 조섬유 및 에너지 소화율이 다른 처리구보다 낮은 것은 분쇄되지 않은 포도씨가 섭취된 결과로 판단된다.

의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 칼슘과 인 소화율이 GF 및 CF 처리구에서 가장 높은 소화율을 보였는데 ( $p < 0.05$ ), 이것은 GF 및 CF 원료에 함유된 칼슘의 함량이 다른 처리구보다 상대적으로 흡수율이 높았기 때문으로 판단된다.

## 2. 광물질 소화율

처리구별 칼슘과 인 소화율은 Table 5와 같다. 칼슘 소화율은 GF 처리구가 79.60%으로 F 처리구 및 대조구보다 유의적으로 높았으며 ( $p < 0.05$ ), KF 및 AF 처리구는 각각 53.57 및 52.07%로 가장 낮은 소화율을 보였다 ( $p < 0.05$ ). 인 소화율은 CF 및 GF 처리구가 각각 72.53, 70.06%으로 다른 처리구보다 유

## 3. 아미노산 소화율

처리구별 아미노산 소화율을 Table 6에 나타내었다. 돼지에 있어 제한 아미노산인 Lysine, Methionine 그리고 Threonine 소화율의 경우 F 처리구가 각각 90.20, 85.32, 87.41%로 가장 높았으며, GF 처리구가 각각 69.69, 60.90, 64.06%로 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 필수아미노산의 평균 소화율은 F 처리구가

Table 5. Effects of fermented diets including liquid by-products on calcium and phosphorous digestibility in growing pigs

Items (%)	CON <sup>1)</sup>	F <sup>1)</sup>	KF <sup>1)</sup>	AF <sup>1)</sup>	CF <sup>1)</sup>	GF <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Ca	65.05 <sup>b</sup>	68.13 <sup>b</sup>	52.07 <sup>c</sup>	53.57 <sup>c</sup>	74.87 <sup>ab</sup>	79.60 <sup>a</sup>	3.27
P	50.49 <sup>b</sup>	52.91 <sup>b</sup>	50.00 <sup>b</sup>	59.98 <sup>b</sup>	72.53 <sup>a</sup>	70.06 <sup>a</sup>	3.19

<sup>1)</sup> Abbreviated CON, dry compound diet; F, fermented liquid compound diet; KF, fermented liquid compound diet with 30% kale pomace; AF, fermented liquid compound diet with 30% *angelica keiskei* pomace; CF, fermented liquid compound diet with 30% carrot pomace; GF, fermented liquid compound diet with 30% grape pomace.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>abc)</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $p < 0.05$ ).

Table 6. Effects of fermented diets including liquid by-products on amino acid digestibility in growing pigs

Items (%)	CON <sup>1)</sup>	F <sup>1)</sup>	KF <sup>1)</sup>	AF <sup>1)</sup>	CF <sup>1)</sup>	GF <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
<b>Essential amino acids</b>							
Arginine	93.56 <sup>a</sup>	94.99 <sup>a</sup>	88.99 <sup>b</sup>	88.41 <sup>b</sup>	93.53 <sup>a</sup>	74.57 <sup>c</sup>	0.64
Histidine	93.51 <sup>a</sup>	94.80 <sup>a</sup>	88.51 <sup>b</sup>	87.75 <sup>b</sup>	93.53 <sup>a</sup>	71.42 <sup>c</sup>	0.86
Isoleucine	83.41 <sup>ab</sup>	84.76 <sup>a</sup>	84.13 <sup>ab</sup>	78.30 <sup>b</sup>	79.60 <sup>ab</sup>	61.22 <sup>c</sup>	1.93
Leucine	84.50 <sup>b</sup>	89.61 <sup>a</sup>	88.91 <sup>ab</sup>	85.31 <sup>ab</sup>	86.41 <sup>ab</sup>	70.23 <sup>c</sup>	1.39
Lysine	87.90 <sup>bc</sup>	90.20 <sup>a</sup>	84.45 <sup>bc</sup>	85.45 <sup>bc</sup>	82.98 <sup>c</sup>	69.69 <sup>d</sup>	1.49
Methionine	77.91 <sup>b</sup>	85.32 <sup>a</sup>	81.85 <sup>ab</sup>	78.02 <sup>b</sup>	77.74 <sup>b</sup>	60.90 <sup>c</sup>	1.84
Phenylalanine	87.57 <sup>ab</sup>	90.58 <sup>a</sup>	87.47 <sup>ab</sup>	83.49 <sup>c</sup>	86.47 <sup>bc</sup>	69.26 <sup>d</sup>	1.18
Threonine	81.84 <sup>b</sup>	87.41 <sup>a</sup>	81.88 <sup>b</sup>	79.91 <sup>b</sup>	82.77 <sup>b</sup>	64.06 <sup>c</sup>	1.34
Valine	82.94 <sup>a</sup>	84.61 <sup>a</sup>	86.60 <sup>a</sup>	80.47 <sup>a</sup>	81.28 <sup>a</sup>	60.86 <sup>b</sup>	1.95
<b>Non essential amino acids</b>							
Alanine	79.46 <sup>b</sup>	85.89 <sup>ab</sup>	88.92 <sup>a</sup>	81.94 <sup>ab</sup>	83.63 <sup>ab</sup>	64.54 <sup>c</sup>	2.23
Asparatic acid	86.81 <sup>a</sup>	89.47 <sup>a</sup>	85.19 <sup>ab</sup>	82.07 <sup>b</sup>	85.53 <sup>ab</sup>	69.10 <sup>c</sup>	1.42
Cystine	86.56 <sup>b</sup>	90.83 <sup>a</sup>	83.88 <sup>b</sup>	79.33 <sup>c</sup>	86.35 <sup>b</sup>	61.84 <sup>d</sup>	0.91
Glutamic acid	90.41 <sup>b</sup>	93.49 <sup>a</sup>	90.27 <sup>b</sup>	87.32 <sup>c</sup>	90.86 <sup>ab</sup>	75.41 <sup>d</sup>	0.89
Glycine	82.65 <sup>ab</sup>	86.77 <sup>a</sup>	83.08 <sup>ab</sup>	80.09 <sup>b</sup>	79.93 <sup>b</sup>	59.52 <sup>c</sup>	1.72
Proline	89.48 <sup>ab</sup>	94.03 <sup>a</sup>	91.49 <sup>ab</sup>	88.65 <sup>b</sup>	90.73 <sup>ab</sup>	55.89 <sup>c</sup>	1.60
Serine	88.14 <sup>b</sup>	91.90 <sup>a</sup>	86.76 <sup>b</sup>	85.36 <sup>b</sup>	88.21 <sup>b</sup>	71.87 <sup>c</sup>	1.06
Tyrosine	87.32 <sup>b</sup>	90.77 <sup>a</sup>	86.26 <sup>b</sup>	82.67 <sup>c</sup>	87.83 <sup>b</sup>	72.93 <sup>d</sup>	0.68
Total EAA	86.51 <sup>ab</sup>	89.65 <sup>a</sup>	86.56 <sup>ab</sup>	83.69 <sup>b</sup>	85.55 <sup>b</sup>	67.92 <sup>c</sup>	1.21
Total NEAA	87.46 <sup>b</sup>	91.22 <sup>a</sup>	88.02 <sup>ab</sup>	84.55 <sup>b</sup>	87.67 <sup>ab</sup>	68.63 <sup>c</sup>	1.13
Total AA	87.06 <sup>ab</sup>	90.56 <sup>a</sup>	87.06 <sup>ab</sup>	84.17 <sup>b</sup>	86.81 <sup>ab</sup>	68.33 <sup>c</sup>	1.16

<sup>1)</sup> Abbreviated CON, dry compound diet; F, fermented liquid compound diet; KF, fermented liquid compound diet with 30% kale pomace; AF, fermented liquid compound diet with 30% *angelica keiskei* pomace; CF, fermented liquid compound diet with 30% carrot pomace; GF, fermented liquid compound diet with 30% grape pomace.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>abcd)</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $p < 0.05$ ).

89.65%로서 CF 및 AF 처리구 (85.55, 83.69%) 보다 높았으며 ( $p < 0.05$ ), GF 처리구가 67.92%로 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 비필수아미노산의 평균 소화율은 F 처리구가 91.22%로서 대조구 및 AF 처리구 (87.46, 84.55%) 보다 높았으며 ( $p < 0.05$ ), GF 처리구가 68.63%로 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 총 아미노산 소화율에 있어서는 F 처리구가 90.56%로서 AF 처리구의 84.17% 보다 유의적으로 높았으며 ( $p < 0.05$ ), GF 처리구가 68.33%로 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ).

발효사료의 아미노산 소화율이 높은 이유는 일반사료를 혐기발효 시키는 과정에서 미생물에 의해 단백질이 분해되어 아미노산 소화율이 증대되었으리라 사료된다.

#### 4. 분뇨 배설량

처리구별 1일 분뇨 배설량은 Table 7과 같다. 1일 분 배설량은 건물기준으로 GF 처리구가 0.32 kg으로 가장 많았으며 ( $p < 0.05$ ), CF

Table 7. Effects of fermented diets including liquid by-products on feces and urine excretion in growing pigs

Items	CON <sup>1)</sup>	F <sup>1)</sup>	KF <sup>1)</sup>	AF <sup>1)</sup>	CF <sup>1)</sup>	GF <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Feed intake (kg/d)	1.72 <sup>bc</sup>	1.42 <sup>c</sup>	2.78 <sup>a</sup>	2.63 <sup>ab</sup>	2.73 <sup>ab</sup>	2.50 <sup>ab</sup>	0.31
Feed intake (DM/kg/d)	1.49 <sup>a</sup>	0.87 <sup>b</sup>	0.85 <sup>b</sup>	0.92 <sup>b</sup>	0.85 <sup>b</sup>	0.95 <sup>b</sup>	0.11
Feces (kg/d)	0.58 <sup>bc</sup>	0.38 <sup>c</sup>	0.63 <sup>bc</sup>	0.78 <sup>b</sup>	0.39 <sup>c</sup>	1.22 <sup>a</sup>	0.12
Feces (DM/kg/d)	0.19 <sup>b</sup>	0.10 <sup>c</sup>	0.15 <sup>bc</sup>	0.15 <sup>bc</sup>	0.10 <sup>c</sup>	0.32 <sup>a</sup>	0.02
Urine (L/d)	2.23	3.34	4.04	2.38	2.70	1.96	0.83

<sup>1)</sup> Abbreviated CON, dry compound diet; F, fermented liquid compound diet; KF, fermented liquid compound diet with 30% kale pomace; AF, fermented liquid compound diet with 30% *angelica keiskei* pomace; CF, fermented liquid compound diet with 30% carrot pomace; GF, fermented liquid compound diet with 30% grape pomace.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>abc)</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $p < 0.05$ ).

와 F 처리구가 각각 0.10 kg으로 가장 적었다 ( $p < 0.05$ ). 건물기준으로 GF 처리구에서 가장 많은 분 배설량을 보인 것은 건물 소화율이 다른 처리구보다 유의적으로 낮기 때문으로 판단된다 ( $p < 0.05$ ). 또한 F 및 CF 처리구의 분 배설량이 다른 처리구보다 낮은 것은 이들 처리구의 건물소화율이 다른 처리구보다 현저히 높았기 때문으로 판단된다 ( $p < 0.05$ ). 따라서 분 배설량을 줄이기 위해서는 사료의 건물 소화율을 증가시킬 필요가 있으며 GF 처리구의 경우에는 사료로 이용하기 전에 씨앗을 제거하는 것이 분량을 줄일 수 있는 방안이라고 판단된다.

### 5. 질소 균형

처리구별 질소 이용율은 Table 8에 나타나 있었다. 1일 분으로 배설된 질소량을 보면 GF 처리구와 대조구가 각각 8.46, 6.42g으로 가장 많았으며 ( $p < 0.05$ ), CF와 F 처리구가 4.07과 3.4g으로 가장 적었다 ( $p < 0.05$ ). 1일 뇨로 배설된 질소량은 KF 처리구가 13.04g으로서 AF 처리구 6.85g과 GF 처리구 5.52g 보다 많았다 ( $p < 0.05$ ). 1일 체내 축적 질소량은 대조구가 19.89g으로 다른 처리구들 (5.94~8.80g)

보다 유의적으로 많았다 ( $p < 0.05$ ). 질소 균형을 살펴보면 분으로 배설되는 질소 비율에서 GF 처리구가 38.27%로 가장 높았고 ( $p < 0.05$ ), F 처리구가 15.85%로서 가장 적었다 ( $p < 0.05$ ). 뇨로 배설되는 질소의 비율에서는 KF 처리구가 55.41%, CF 처리구가 46.37%로서 가장 높았고 ( $p < 0.05$ ), 대조구와 GF 처리구가 각각 24.29, 24.84%로 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 체내 축적되는 질소의 비율을 보면 대조구가 56.84%로서 다른 처리구보다 유의적으로 높았으며 ( $p < 0.05$ ), KF 처리구가 25.88%로 가장 낮은 질소 축적율을 보였다 ( $p < 0.05$ ).

일반적으로 분뇨로 배설되는 질소 비율에 있어 사료내 섬유소의 첨가는 분으로 배설되는 질소의 비율을 높인다고 알려져 있다 (Morgan과 Whittemore, 1988). Zervas와 Zijlstra (2002)은 사료내 섬유소원으로 대두피와 비트펄프를 첨가할 경우 제한급여와 자유채식 모두에서 분내 질소비율이 증가한 반면 뇨내 질소비율이 감소한다고 하였다. 이런 결과는 섬유소원이 풍부한 사료를 급여하면 소장에서 소화되지 않고 대장으로 유입된 섬유소를 장내 미생물이 이용함으로써 분중의 미생물 수가 증가되어 분량과 질소 함량이 증가되었다고 추정된다.



Table 8. Effects of fermented diets including liquid by-products on nitrogen balance in growing pigs

Items	CON <sup>1)</sup>	F <sup>1)</sup>	KF <sup>1)</sup>	AF <sup>1)</sup>	CF <sup>1)</sup>	GF <sup>1)</sup>	SE <sup>2)</sup>
Intake N (g/d)	35.02 <sup>a</sup>	21.76 <sup>b</sup>	23.34 <sup>b</sup>	19.39 <sup>b</sup>	19.78 <sup>b</sup>	22.04 <sup>b</sup>	2.59
Fecal N (g/d)	6.42 <sup>ab</sup>	3.40 <sup>c</sup>	4.34 <sup>bc</sup>	4.61 <sup>bc</sup>	4.07 <sup>c</sup>	8.46 <sup>a</sup>	0.68
Urinary N (g/d)	8.72 <sup>ab</sup>	9.56 <sup>ab</sup>	13.04 <sup>a</sup>	6.85 <sup>b</sup>	9.15 <sup>ab</sup>	5.52 <sup>b</sup>	1.58
N Retention (g/d)	19.89 <sup>a</sup>	8.80 <sup>b</sup>	5.94 <sup>b</sup>	7.93 <sup>b</sup>	6.55 <sup>b</sup>	8.06 <sup>b</sup>	0.97
Fecal N excretion ratio (%)	18.34 <sup>cd</sup>	15.85 <sup>d</sup>	18.71 <sup>cd</sup>	23.34 <sup>b</sup>	20.49 <sup>bc</sup>	38.27 <sup>a</sup>	1.37
Urinary N excretion ratio (%)	24.82 <sup>d</sup>	43.54 <sup>bc</sup>	55.41 <sup>a</sup>	35.59 <sup>c</sup>	46.37 <sup>ab</sup>	24.29 <sup>d</sup>	2.96
N retention ratio (%)	56.84 <sup>a</sup>	40.60 <sup>b</sup>	25.88 <sup>c</sup>	41.06 <sup>b</sup>	33.15 <sup>bc</sup>	37.44 <sup>b</sup>	3.33

<sup>1)</sup> Abbreviated CON, dry compound diet; F, fermented liquid compound diet; KF, fermented liquid compound diet with 30% kale pomace; AF, fermented liquid compound diet with 30% *angelica keiskei* pomace; CF, fermented liquid compound diet with 30% carrot pomace; GF, fermented liquid compound diet with 30% grape pomace.

<sup>2)</sup> Pooled standard error.

<sup>abcd)</sup> Means in the same row with different superscripts differ ( $p < 0.05$ ).

## 적 요

본 시험은 착즙부산물 발효사료가 육성돈의 영양소 소화율, 분뇨 배설량 그리고 질소 균형에 미치는 영향을 알아보기 위하여 실시하였다. 삼원교잡종 24두 (개시체중 46.79 kg)를 공시하여 10일간의 적응기를 거쳐 7일간 대사 케이지 (0.5×1.3m)에서 소화시험을 수행하였다. 처리구는 1) 기초사료 (CON), 2) 발효사료 (기초사료를 발효한 사료, F), 3) 케일박 발효사료 (KF), 4) 신선초박 발효사료 (AF), 5) 당근박 발효사료 (CF) 및 6) 포도박 발효사료 (GF)로 하여 총 6개 처리이었으며 처리당 4 반복으로 하였다. 시험기간 동안 건물 소화율은 대조구, F, CF 처리구가 다른 처리구들보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 조단백질 소화율은 F 처리구가 AF 및 GF 처리구보다 유의적으로 높았고 ( $p < 0.05$ ), 조섬유 소화율은 GF 처리구가 다른 처리구들보다 유의적으로 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 조지방 소화율에서는 AF 및 CF 처리구가 KF를 제외한 처리구들보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 조회분 소화율은 CF 처리구가 다른 처리구들보다 유의적으로

높았다 ( $p < 0.05$ ). 반면 칼슘과 인 소화율에서는 CF 및 GF 처리구가 다른 처리구들보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 에너지 소화율에서는 대조구, F 및 CF 처리구가 KF, AF 및 GF 처리구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 총 필수아미노산 소화율에서는 F 처리구가 AF, CF 및 GF 처리구보다 유의적으로 높았고 ( $p < 0.05$ ), 비필수아미노산의 평균 소화율에서는 F 처리구가 AF, CF 및 GF 처리구보다 유의적으로 높았다 ( $p < 0.05$ ). 총 아미노산의 평균 소화율에서는 F 처리구가 AF 및 CF 처리구보다 높았으며 ( $p < 0.05$ ), GF 처리구가 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 분으로 배설된 질소 비율은 GF 처리구가 다른 처리구들보다 높았고 ( $p < 0.05$ ), F 처리구가 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 뇨로 배설된 질소 비율에서는 대조구와 GF 처리구가 다른 처리구들보다 유의적으로 낮았다 ( $p < 0.05$ ). 질소 축적비율에서는 대조구가 가장 높았으며 ( $p < 0.05$ ), KF 처리구가 가장 낮았다 ( $p < 0.05$ ).

결론적으로 일반배합사료보다 착즙부산물 발효사료의 소화율이 감소하였는데 이것은 사료에 혼합된 착즙부산물 수준 30%가 높은

수준인 것으로 판단되어 추후 섬유소 수준을 낮추어 시험을 수행할 필요가 있다고 생각된다. 특히, 포도박 발효사료 처리구에서 분 배설량이 많은 이유는 포도박 발효사료의 섬유소 함량이 대조구 및 발효사료 보다 높고 다른 착즙부산물에 비하여 소화되지 않는 포도씨가 다량 배설되었기 때문인 것 같다.

## 사 사

This work was supported by a grant (Code 200806A01081020) from BioGreen 21 Program, Rural Development Administration, Republic of Korea.

## 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis. 16th Edition. Association of Official Analytical Chemists, Washington, D. C., USA.
2. Canibe, N., N. Miquel, H. Miettinen and B. B. Jensen. 2001. Addition of formic acid or starter cultures to liquid feed. Effect on pH, microflora composition, organic acid and ammonia concentration. 15th Forum for Applied Biotechnol.,Gent, Belgium. pp. 431-432.
3. Cumby, T. R. 1986. Design requirements of liquid feeding systems for pigs: A review. *J. Agric. Eng. Res.* 34:153-172.
4. Dierick, N. A., Vervaeke, I. J., Demeyer, D. I. and Decuypere, J. A. 1989. Approach to the energetic importance of fibre digestion in pigs. I. Importance of fermentation in the overall energy supply. *Animal Feed Science and Technology.* 23:141-167.
5. Dobrogosz, W. J. and Lindgren, S. E. 1994. Method of determining the presence of an antibiotic produced by *Lactobacillus reuteri*. US patent. 5, 352, 569.
6. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple T tests. *Biometrics.* 11:1Hong, T. T. T. and Lindberg, J. E. 2007. Effect of cooking and fermentation of a pig diet on gut environment and digestibility in growing pigs. *Livestock Science.* 109:135-137.
7. Geary, T. M., P. H. Brooks, J. D. Beal, and A. Campbell. 1999. Effect on weaner pig performance and diet microbiology of feeding a liquid diet acidified to pH 4 with either lactic acid or through fermentation with *Pediococcus acidilactici*. *J. Sci. Food Agric.* 79:633-640.
8. Hong, T. T. T. and Lindberg, J. E. 2007. Effect of cooking and fermentation of a pig diet on gut environment and digestibility in growing pigs. *Livest. Sci.* 109: 135-137.
9. Jensen, B. B. and L. L. Mikkelsen, 1998a. Feeding liquid diets to pigs. In: Garnsworthy P.C., Wiseman, J. (Eds.), *Recent Advances in Animal Nutrition*. Nottingham University Press, Loughborough, UK, pp. 107-126.
10. Jensen, B. B. and L. L. Mikkelsen. 1998b. Feeding liquid diets to pigs. *Recent Advances in Animal Nutrition*. P. C. Garnsworthy and J. Wiseman, ed. Nottingham Univ. Press, Nottingham, U.K. pp. 107-26.
11. Lawlor, P. G., P. B. Lynch, G. E. Gardiner, P. J. Caffrey and J. V. O'Doherty. 2002. Effect of liquid feeding weaned pigs on growth performance to harvest. *J. Anim. Sci.* 80:1725-1735.
12. Lindecrone, R. H., B. B. Jensen, T. K. Jensen, T. D. Leser, and K. Møller. 2000. The influence of diet on the development

- of swine dysentery. The 16th Int. Pig Vet. Soc. Cong., Melbourne, Australia. pp. 7.
13. Low, A. G. and Rainbird, A. L. 1984. Effect of guar gum on nitrogen secretion into isolated loops of jejunum in conscious growing pigs. *Br. J. Nutr.* 52:499-505.
  14. Mayer, E. A. 1994. The physiology of gastric storage and emptying. In: Johnson, L. R., D. H., Alpers, J. Christensen, E. D. Jacobson, and J. H. Walsh. (Eds.), *Physiology of the Gastrointestinal Tract*, 3rd ed., vol. 1. Raven Press, New York. pp. 929-976.
  15. Mikkelsen, L. L. and Jensen, B. B., 1997. Effect of fermented liquid feed (FLF) on growth performance and microbial activity in the gastrointestinal tract of weaned piglets. In: Laplace, J. P., C. Fevrier, and A. Barbeau. (Eds.), *Digestive Physiology in Pigs*. EAAP. publication No. 88, 26±28 May. Saint Malo, France. pp. 639-642.
  16. Moran, C. A. 2001. Development and benefits of liquid diets for newly weaned pigs. Ph.D. Diss., Univ. of Plymouth, Plymouth, U.K.
  17. Morgan, C. A. and Whittemore, C. T. 1988. Dietary fibre and nitrogen excretion and retention by pigs. *Animal Feed Science and Technology*. 19:185-189.
  18. NRC. 1998. Nutrient requirement of pigs. 10th Edition. National Research council, Academy Press. Washington, D. C., USA
  19. Russell, P. J., T. M. Geary, P. H. Brooks, and A. Campbell. 1996. Performance, water use and effluent output of weaner pigs fed ad libitum with either dry pellets or liquid feed and the role of microbial activity in the liquid feed. *J. Sci. Food Agric.* 72:8-16.
  20. SAS. 1996. SAS user's guide. Release 6.12 edition. SAS Institute. Inc., Cary, NC.
  21. Sauer, W. C., Mosenthin, R., Ahrens, F. and den Hartog, L. A. 1991. The effect of source of fiber on ileal and fecal amino acid digestibility and bacterial nitrogen excretion in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 69:4070-4077.
  22. Sauer, W. C., Mosenthin, R., Ahrens, F. and den Hartog, L. A. 1991. The effect of source of fiber on ileal and fecal amino acid digestibility and bacterial nitrogen excretion in growing pigs. *J. Anim. Sci.* 69: 4070-4077.
  23. Scholten, R. 2001. Fermentation of liquid diets for pigs. Ph.D. Diss., Wageningen Univ., Wageningen, The Netherlands.
  24. Scholten, R. H. J., C. M. C. van der Peet-Schwering, M. W. A. Verstegen, L. A. den Hartog, J. W. Schrama, and P. C. Vesseur. 1999. Fermented co-products and fermented compound diets for pigs: a review. *Animal Feed Science and Technology*, 82:1-19.
  25. Scholten, R., and N. Verdoes. 1997. The Dutch benefit from a recycling role. *Pigs*. 13-2, pp. 16-17.
  26. Scholten, R., C. M. C. van der Peet-Schwering, L. A. den Hartog, J. W. Schrama, and M. W. A. Verstegen. 2002. Fermented wheat in liquid diets: effects on gastrointestinal characteristics in weanling piglets. *J. Anim. Sci.* 80:1179-1186.
  27. Smiricky-Tjardes, M. R., E. A. Flickinger, C. M. Grieshop, L. L. Bauer, M. R. Murphy and G. C. Fahey, Jr. 2003. *In vitro* fermentation characteristics of selected oligosaccharides by swine fecal microflora. *J. Anim. Sci.* 81:2505-2514.

27. Taylor, W. H. 1959. Studies on gastric proteolysis. *Biochem. J.* 71: 627-632.
28. Taylor, W. H. 1962. Proteinases of the stomach in health and disease. *Physiol. Rev.* 42: 519-553.
29. Varel, V. H. 1987. Activity of fiber degrading microorganisms in the pig large intestine. *J. Anim. Sci.* 65:488-496.
30. Varel, V. H., Pond, W. G. and Yen, J. T. 1984. Influence of dietary fiber on the performance and cellulase activity of growing-finishing swine. *J. Anim. Sci.* 59:388-393.
31. Wilfart, A., Montagne, L. Simmins, H, Noblet, J. and van Milgen, J. 2007. Effect of fibre content in the diet on the mean retention time in different segments of the digestive tract in growing pigs. *Livestock Science.* 109:27-29.
32. Yang, S. Y., Ji, K, S, Baik, Y, H, Kwak, W. S. and McCaskey, T. A. 2006. Lactic acid fermentation of food waste for swine feed. *Bioresource Technology.* 97:1858-1864.
33. Zebrowska, T., Low, A. G. and Zebrowska, H. 1983. Studies on gastric digestion of protein and carbohydrate, gastric secretion and exocrine pancreatic secretion in the growing pig. *Br. J. Nutr.* 49:401-410.
34. Zervas, S. and Zijlstra, R. T. 2002. Effects of dietary protein and fermentable fiber on nitrogen excretion patterns and plasma urea in grower pigs. *J. Anim. Sci.* 80:3247-3256.
35. 김인배, 한인규, 최윤재, 민태선. 1992. 회장 Cannula를 설치한 돼지에서 섬유소의 종류와 수준이 다른 무단백질 사료가 내생 질소 배설에 미치는 영향에 관한 연구. *한국동물자원과학회지.* 16(5):275-282.