

이유자돈에서 건조 유청 대체를 위한 옥수수 전분 가공제품 Bio-starch의 급여 평가

신승오 · 유종상 · 이제현 · 장해동 · 김효진 · 황 영 · 진영걸 · 조진호 · 김인호

단국대학교 동물자원학과

Evaluation of Bio-starch from Corn Processing to Replace Dried-Whey in Weaned Pigs

Seung Oh Shin, Jong Sang Yoo, Je Hyun Lee, Hae Dong Jang, Hyo Jin Kim, Yan Huang, Ying Jie Chen, Jin Ho Cho and In Ho Kim

Department of Animal Resource & Science, Dankook University

ABSTRACT

This study was conducted to evaluate the effect of bio-starch from corn processing to replace dried whey in weaned pigs. A total of 120 crossbred [(Landrace × Yorkshire) × Duroc] pigs were weaned at 21 days of age weighing 6.01 ± 0.34 kg in average. Five week feeding trial consisted of phase 1 (0~2 wks) and phase 2 (3~5 wks). Dietary treatments included 1) CON (basal diet), 2) BS5 (whey 5%, partial substitution of bio-starch), 3) BS10 (whey 10%, partial substitution of bio-starch) and 4) BS15 (whey 15%, partial substitution of bio-starch). There were four dietary treatments with six replicate pens per treatment and five pigs per pen. During the overall period, there were no significant differences in the ADG (average daily gain) and gain/feed ratio among the treatments ($P > 0.05$). However, the ADFI (average daily feed intake) was higher in BS5 and BS15 treatments than in CON treatment ($P < 0.05$). At the 2nd week, dry matter and nitrogen digestibility were increased (quadratic effect, $P = 0.03$ and $P = 0.01$, respectively; cubic effect, $P < 0.001$ and $P = 0.01$, respectively) with the highest at 10% of bio-starch inclusion in the diets. At the last week of the experiment, dry matter, nitrogen and energy digestibility were increased ($P < 0.05$) with the highest at 5% of bio-starch inclusion in the diets. At the 2nd week total protein concentration was increased (linear effect, $P = 0.04$; cubic effect, $P = 0.01$) with the highest at 10% of bio-starch inclusion in the diets. Also, BUN (blood urea nitrogen) was increased (linear effect, $P = 0.01$) as the level of bio-starch inclusion increased in the diets. Fecal consistency score was inclined to lowers CON treatment than other treatments. In conclusion, the result of trial indicates that bio-starch can be included at the level of 5~10% of weaning pig diet replacing part of the dried-whey, and digestibilities were positively affected by bio-starch at growth stage.

(Key words : Bio-starch, Dried whey, Growth performance, Blood characteristics, Weaned pigs)

I. 서 론

최근 양돈 산업은 사료가격의 지속적인 상승으로 양돈 생산성이 악화되고 있으며, 이를 해결하기 위하여 생산비 절감을 통해 가격 경쟁력을 향상시키는 노력이 절실한 상황이다. 양돈 산업의 수익성을 높이기 위해서 사양농가에 서는 조기 이유를 실시하여 모든의 회전을

Corresponding author : Dr. In Ho Kim, Dept. of Animal Resource & Science, Dankook University #29 Anseodong, Cheonan, Choongnam 330-714, Korea
Tel : 041-550-3652, Fax : 041-550-2949, E-mail : inhokim@dankook.ac.kr

높고 있으나, 조기 이유 자돈들은 체중이 적고 소화기관의 발달이 미약한 상태이므로 고품 사료의 섭취가 용이하지 않아 성장정체 현상이 나타나게 된다(Lawrence와 Maxwell, 1983; Etheridge 등, 1984). 이유자돈 사료에는 일반적으로 이유 후 고품사료에 대한 적응과 성장정체현상을 완화시키기 위하여 입질 사료를 급여하고 있으며, 대표적인 입질 사료로는 소화율이 높은 건조 유청, 탈지유 같은 유제품이 주로 사용되고 있다.

일반적으로 유제품은 이유자돈의 생산성을 높이고, 건물 섭취량 및 질소와 에너지 소화율을 향상시키는 효과가 있으나(Cera 등, 1988; Mahan, 1993; Tokach 등, 1995), 유제품은 일반적인 사료원료에 비하여 가격이 비싼 단점이 있다. 이러한 유제품 중 건조 상태의 유청 분말은 치즈 제조시에 발생하는 부산물을 롤러 건조 또는 분무 건조하여 분말형태로 가공한 것으로서 소화율이 높고, lactose 함량이 높아 어린 자돈에 적합한 원료이다(Touchette 등, 1995; Crenshaw, 1997; Nessmith 등, 1997). 건조 유청은 어린 자돈 사료에 약 20~25% 수준까지 사료 원료로서 이용이 가능하지만(Graham 등, 1981), 치즈 제조 방법에 따라서 품질이 다양하여(Tomkins, 1989), 가공 공정에 따라 차이가 나타날 수 있다. 유청에는 lactose와 lactalbumin의 탄수화물 분획 영양성분을 함유하고 있으며, 어린 자돈에 있어서는 사료 내 함유된 lactose 함량이 증체와 사료효율을 향상시키는 주요 원인이라고 하였다(Mahan, 1992). Jin 등(1998)은 어린 자돈에 lactose를 유청 이외의 다른 탄수화물 공급원으로 대체하는 시험을 실시하였고, Mahan(1993)은 탄수화물 소화율이 높은 단백질 원료의 급여는 어린 자돈의 건조 유청을 대체 할 수 있는 가능성이 있다고 하여, 유제품 유래 탄수화물을 옥수수 전분과 같은 탄수화물로도 대체 가능함을 시사하고 있다.

Owsley 등(1986)은 출생 후 전분의 소화능력은 증가하지만, 3주령 돼지에 있어서는 소화능력이 불충분하다고 하였으며, 탄수화물의 소화효소가 충분하게 생산되는 시기는 생후 4주 이후로 알려져 있다. 이유시기에는 가공되지 않

은 전분을 소화시킬 수 있는 소화 효소가 고농도로 급속히 생성되거나(Wiseman 등, 2001), 가공 처리 방법에 따라 사료섭취와 소화능력을 더욱 높일 수 있으며(Mavromichalis와 Varley, 2003), 생산성을 향상시키는 효과가 있다(Hongtrakul 등, 1998). 사료용 탄수화물 중 대부분은 단순 물리적 가공(수열가공)과 화학적 공정의 경우 단순히 탄수화물의 전분의 함량을 극대화하는 방향으로 생산되고 있어 생물학적인 활성 및 이용성을 최적화 하는데 어려움이 있으며, 생물학적인 활성 공정을 통해 탄수화물의 생물학적인 이용률을 높이는 노력이 필요하다고 사료된다.

따라서, 본 연구에서는 이유자돈 사료 내 유청을 생물학적 효소 활성 공정을 통해 가공 처리한 옥수수 전분 bio-starch로 대체함으로써 bio-starch의 적정 급여 수준을 평가하기 위하여 시험을 실시하였다.

II. 재료 및 방법

1. 시험동물 및 시험설계

21일령 3원 교잡종 [(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 이유자돈 120두를 공시하였으며, 시험 개시시의 체중은 6.01 ± 0.34 kg이었고 5주간 사양시험을 실시하였다. 시험 설계는 1) 대조구(Control diet)와 배합사료 중 유청의 일부를 bio-starch로 각각 5, 10 및 15% 대체 급여한 2) BS5, 3) BS10 및 4) BS15 처리구로 4개 처리를 하였으며, 처리당 6반복, 반복당 5두씩 완전임의 배치하였다.

2. 시험사료과 사양관리

시험사료는 NRC(1998) 요구량에 따라 배합한 사료로서 시험사료의 조성은 Table 1과 같다. 시험사료는 가루형태로 자유 체식토록 하였으며, 물은 자동급수기를 이용하여 자유로이 먹을 수 있도록 조절하였다. 사양관리는 일반적인 사양관리 방법에 준하여 실시하였고, 돈방은 80 cm × 180 cm의 면적으로 각 시험 처리

Table 1. Diet composition (as-fed basis)

Items	Phase 1 (0~2 weeks)				Phase 2 (3~5 weeks)			
	CON ¹⁾	BS5 ¹⁾	BS10 ¹⁾	BS15 ¹⁾	CON ¹⁾	BS5 ¹⁾	BS10 ¹⁾	BS15 ¹⁾
Ingredients (%)								
Bio-starch	—	5.00	10.00	15.00	-	5.00	10.00	15.00
Whey	30.00	25.00	20.00	15.00	20.00	15.00	10.00	5.00
Expanded Corn	16.15	14.97	16.00	13.25	35.02	34.95	34.75	34.57
Soybean Meal (Dehulled)	8.00	8.00	8.00	8.00	26.00	26.00	26.00	26.00
Bakery by-products	—	—	—	—	5.00	5.00	5.00	5.00
Lard Liquid	—	—	—	—	4.10	4.00	4.00	4.00
Pepsoygen [®]	12.00	12.75	12.52	13.45	2.50	2.50	2.50	2.50
LT (low-temperature) fish meal	5.00	5.00	5.00	5.00	2.50	2.50	2.50	2.50
Soy oil	4.60	4.50	4.30	4.30	—	—	—	—
Limestone	0.35	0.40	0.45	0.47	-	0.05	0.10	0.15
Mono calcium phosphate	1.07	1.15	1.23	1.32	0.36	0.44	0.53	0.61
Salt (Flower salt)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Glucose	13.90	14.30	13.50	15.20	—	—	—	—
Dried Porcine Plasma	5.00	5.00	5.00	5.00	—	—	—	—
DL-Met	0.32	0.32	0.32	0.32	0.19	0.19	0.19	0.19
L-Lysine-HCL	0.10	0.10	0.14	0.15	0.18	0.21	0.25	0.28
Choline Choride 50%	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Antioxidant (ethoxyquin 25%)	0.06	0.06	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05	0.05
Vitamin/mineral premix ²⁾	0.32	0.32	0.32	0.32	0.29	0.29	0.29	0.29
Chemical composition ³⁾								
ME (kcal/kg)	3600	3600	3600	3600	3540	3540	3540	3540
Crude protein (%)	22.86	23.00	22.90	23.01	21.84	21.74	21.66	21.56
Lysine (%)	1.64	1.64	1.64	1.64	1.43	1.42	1.43	1.42
Methionine (%)	0.68	0.68	0.68	0.68	0.53	0.53	0.53	0.53
Calcium (%)	1.00	1.00	1.00	1.00	0.74	0.74	0.74	0.74
Phosphorus (%)	0.80	0.80	0.80	0.80	0.67	0.66	0.62	0.66
Lactose (%)	21.87	18.23	14.58	10.94	14.58	10.94	7.29	3.40

¹⁾ CON, whey 30% + bio-starch 0%; BS5, whey 25% + bio-starch 5%; BS10, whey 20% + bio-starch 10%; BS15, whey 15% + bio-starch 15%.

²⁾ Supplied per kg diet: vitamin A, 20,000 IU; vitamin D₃, 4,000 IU; vitamin E, 80 IU; vitamin K₃, 16.0 mg; thiamine, 4.0 mg; riboflavin, 20.0 mg; pyridoxine, 6 mg; vitamin B₁₂, 0.08 mg; niacin, 120 mg; Ca-pantothenate, 50 mg; folic acid, 2 mg; biotin, 0.08 mg; Cu, 140 mg; Zn, 179 mg; Mn, 12.5 mg; I, 0.5 mg; Co, 0.25 mg and Se, 0.4 mg.

³⁾ Calculated value.

구의 둔방면적, 사료 및 급수 급이 시설은 동일하게 부여하였다.

3. Bio-starch 제조공정

Bio-starch는 옥수수의 내재된 효소의 활성을

유도하여 1차 반응으로 amylase 및 amylopectin의 결합구조를 변화시키고, 2차 반응으로 극대화된 효소반응을 통해 전분을 구성하고 있는 탄수화물의 분획과정을 거쳤다. 3차 반응으로 물리, 화학적으로 복잡한 구조를 갖는 거대 전분입자를 부분적으로 분해하여 수분 침투의 용

이성을 증진시켰으며, 전분의 micelle 구조를 파괴하여 효소의 작용면적을 극대화하는 2 단계 효소반응을 유도 공정을 통해 (주)진바이오텍에서 제조하였다.

4. 조사항목 및 방법

(1) 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율
체중 및 사료 섭취량은 시험 개시시, 2주와 종료시에 각각 측정하여 phase 1 (0~2주) 및 phase 2 (3~5주)의 2단계로 나누어 일당증체량, 일당사료섭취량 및 사료효율을 계산하였다.

(2) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 분 채취 7 일전 사료내 산화크롬(Cr₂O₃)을 0.2% 첨가하였으며, 분은 시험 2주와 종료시에 채취하였다. 채취한 분은 60℃ 열풍건조기에서 72시간 건조시킨 후 Wiley mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다. 사료의 일반성분과 표시물로 혼합된 Cr은 AOAC (1995)에 제시된 방법에 의해 분석하였다.

$$\text{영양소 소화율(\%)} = \frac{A-B}{A} \times 100$$

A=100/(사료내 건물함량/사료내 크롬함량),

B=100/(분 내 건물함량/분 내 크롬함량)

(3) 혈액성상

혈액채취는 각 반복당 1마리씩 임의 선발하였으며, 개시, 2주, 종료시 각각 경정맥(Jugular)에서 K₃EDTA vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액 2 ml을 채취 후 자동혈액분석기(ADVID 120, Bayer, USA)로 WBC (White blood cell) 수, RBC (Red blood cell) 수 및 Lymphocyte 비율을 측정하였다. 또한, Vacuum tube (Becton Dickinson Vacutainer Systems, Franklin Lakes, NJ)를 이용하여 혈액을 5 mL 채취하여 4℃에서 2,000 × g로 30분간 원심분리하여 혈청을 분석에 이용하였다. 혈청 중 total protein, BUN, creatinine 및 albumin은 각각 Biuret method와

Brom Cresol Green (BCG) 방법으로 자동생화학 분석기(HITACHI 747, Japan)를 이용하여 분석하였고, Immunoglobulin G (IgG)는 nephelometry 방법으로 nephelometer (Behring nephelometer, Marburg, Germany) 분석기계를 이용하여 분석하였다.

(4) 설사발생 빈도 및 지수

설사발생 빈도는 시험개시부터 7일간 모든 개체에 걸쳐서 항문의 상태 관찰 및 항문마사지법으로 분의 성상을 관찰하여 설사발생 빈도를 조사하였다. 설사 지수는 Rantzer 등 (1996)의 방법 (1 = some loose fecal consistency; 2 = very loose fecal consistency; and 3 = watery, spurting feces)으로 측정하여, 설사가 발생한 개체간의 평균으로 산출하였다.

(5) 통계분석

모든 자료는 SAS (1996)의 General Linear Model Procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, Duncan's multiple range test (Duncan, 1955)로 처리하여 유의 수준을 5% 이내로 시험 처리구 평균간 차이의 유의성 유무 여부를 검정하였다. 또한, Polynomial regression (Petersen, 1985)를 이용하여 Bio-starch 첨가 수준에 대한 Linear, Quadratic과 Cubic 효과를 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 성장능력

건조 유청 대체 bio-starch의 급여가 성장 능력에 미치는 효과는 Table 2에 나타내었다. 시험 3~5주에서의 일당사료섭취량은 BS15처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으며 ($P<0.05$), 사료효율은 대조구가 BS15처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다 ($P<0.05$). 전체 시험기간 동안의 일당사료섭취량에 있어서 BS5와 BS15처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높은 섭취량을 나타내었으나 ($P<0.05$), 체중, 일당증체량 및 사료효율은 처리구간에 유의적인 차이가 없었다 ($P>0.05$).

Table 2. Effects of supplemented bio-starch replacing whey on growth performance in weaned pigs

Items	CON ¹⁾	BS5 ¹⁾	BS10 ¹⁾	BS15 ¹⁾
Initial weight (kg)	6.00 ±0.45	6.01 ±0.44	6.02 ±0.42	6.01 ±0.43
2 weeks weight (kg)	10.14 ±1.14	10.40 ±1.14	10.53 ±0.97	10.26 ±1.19
5 weeks weight (kg)	21.37 ±2.36	21.49 ±2.20	21.88 ±1.79	21.01 ±2.13
0-2 weeks				
ADG (kg)	0.296 ±0.069	0.314 ±0.066	0.322 ±0.068	0.303 ±0.078
ADFI (kg)	0.449 ±0.017	0.464 ±0.035	0.454 ±0.044	0.461 ±0.033
Gain/Feed	0.659 ±0.152	0.677 ±0.140	0.709 ±0.134	0.658 ±0.167
3-5 weeks				
ADG (kg)	0.534 ±0.078	0.528 ±0.064	0.540 ±0.052	0.512 ±0.062
ADFI (kg)	0.891 ^b ±0.051	0.942 ^{ab} ±0.075	0.931 ^{ab} ±0.078	0.968 ^a ±0.129
Gain/Feed	0.603 ^a ±0.980	0.563 ^{ab} ±0.076	0.584 ^{ab} ±0.076	0.535 ^b ±0.070
Overall				
ADG (kg)	0.439 ±0.063	0.442 ±0.057	0.453 ±0.051	0.429 ±0.055
ADFI (kg)	0.714 ^b ±0.027	0.751 ^a ±0.039	0.740 ^{ab} ±0.043	0.744 ^a ±0.049
Gain/Feed	0.616 ±0.091	0.590 ±0.081	0.614 ±0.080	0.576 ±0.067

¹⁾ CON, whey 30% + bio-starch 0%; BS5, whey 25% + bio-starch 5%; BS10, whey 20% + bio-starch 10%; BS15, whey 15% + bio-starch 15%.

²⁾ Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

Giesting 등 (1985)은 이유자돈에 옥수수 전분과 포도당을 사료 내 첨가 급여시 증체량이 lactose를 첨가한 처리구에 비해 낮게 나타났다고 보고하였고, Kerr 등 (1998)의 보고에서도 감자 전분으로는 lactose를 대체하기는 어렵다고 하였다. 하지만, Mahan (1993)은 옥수수전분, 옥수수 글루텐밀 및 lactose 혼합급여시 건조 유청을 급여한 처리구에 비해 증체량과 사료섭취량이 증가하였다고 보고하여, lactose의 혼합급여시에는 건조 유청의 대체 비율을 높일 수 있을 것으로 사료된다. 위와 같은 연구 결과들을 종합하여 보면, lactose 함량이 이유자돈의 생산성에 영향을 미치는 주요 요인으로 작용하며 (Mahan, 1992), bio-starch 첨가시 이를 극복할 수 있을 것으로 사료된다.

본 시험의 결과 BS10 처리구는 대조구와 비교하여 전체적인 생산성에 유의적인 차이가 나

타나지 않아 유청을 bio-starch로 대체 가능한 최적 수준으로 판단되며, 그 외 bio-starch 급여구는 사료섭취량이 높아지는 결과를 보였다. 또한, 추가적으로 설탕, 포도당과 같은 당 성분들을 bio-starch와 혼합하여 건조 유청의 대체 비율을 높이는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. 영양소 소화율

건조 유청 대체 bio-starch의 급여가 영양소 소화율에 미치는 효과는 Table 3에 나타내었다. 시험 2주의 건물 소화율은 bio-starch 10% 급여 수준에서 가장 높게 나타났으며, 15% 급여 수준에서 낮게 나타났다고 (quadratic effect, $P=0.03$; cubic effect, $P<0.001$). 질소 소화율은 bio-starch 10% 급여수준에서 높게 나타났으며 (quadratic effect, $P=0.01$; cubic effect, $P=0.01$), 에너지 소

Table 3. Effects of supplemented bio-starch replacing whey on nutrient digestibility in weaned pigs

Items	Bio-starch (%)				Pooled SE	Regression on percent ²⁾		
	CON ¹⁾	BS5 ¹⁾ (5%)	BS10 ¹⁾ (10%)	BS 15 ¹⁾ (15%)		Linear	quadratic	cubic
2 weeks								
Dry Matter	84.93 ^b	84.34 ^{bc}	85.58 ^a	83.95 ^c	0.22	NS	0.03	<0.001
Nitrogen	80.34 ^b	80.34 ^b	81.86 ^a	79.51 ^b	0.41	NS	0.01	0.01
Energy	85.11 ^a	84.09 ^b	85.08 ^a	84.89 ^{ab}	0.32	NS	NS	0.04
5 weeks								
Dry Matter	78.86 ^{ab}	81.15 ^a	77.41 ^b	77.47 ^b	0.83	0.04	NS	0.02
Nitrogen	75.25 ^b	79.66 ^a	76.75 ^{ab}	73.74 ^b	1.07	NS	0.01	NS
Energy	79.29 ^b	81.99 ^a	78.79 ^b	79.51 ^b	0.68	NS	NS	0.01

¹⁾ CON, whey 30% + bio-starch 0%; BS5, whey 25% + bio-starch 5%; BS10, whey 20% + bio-starch 10%; BS15, whey 15% + bio-starch 15%.

²⁾ NS, not significant.

^{ab} Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

화율은 bio-starch 5% 급여 수준에서 낮게 나타났다(cubic effect, $P=0.04$). 시험5주의 건물 소화율은 bio-starch 5% 급여 수준까지 높아지다가 10% 첨가 수준에서 낮아지는 결과를 나타내었다(linear effect, $P=0.04$; cubic effect, $P=0.02$). 질소 소화율은 bio-starch 5% 급여 수준까지 높아지다가 10% 첨가 수준에서 점차 낮아지는 결과를 나타내었다(quadratic effect, $P=0.01$). 에너지 소화율은 bio-starch 5% 급여 수준에서 가장 높게 나타났다(cubic effect, $P=0.01$).

Mahan (1992)은 이유자돈 사료 내 건조 유청을 전분과 lactalbumin으로 대체하여 급여 시 외관상 질소 소화율은 차이가 없었다고 하였다. 또한, Asche 등(1989)은 탈지유, 대두박 및 옥수수글루텐 사료 내 옥수수전분을 각각 0%, 2.4% 및 13.3% 급여한 시험에서 용해도 및 외관상 질소 소화율은 탈지유 처리구가 다른 처리구와 비교하여 높게 나타나 본 시험의 결과와 상이한 결과를 나타내었다. 이러한 결과적 차이는 소화율 측정 시기와 첨가수준이 상이하였기 때문인 것으로 사료된다.

본 시험의 결과 시험 2주는 bio-starch 10% 급여 수준에서, 시험 5주는 bio-starch 5% 급여 수준에서 각각 높은 소화율을 나타냈으며, 5~10% 대체 급여 수준이 탄수화물 소화효소의

원활한 작용에 의한 소화율 향상을 나타내는 적정 수준으로 사료된다.

3. 혈액 성분

건조 유청 대체 bio-starch의 급여가 혈액 성상에 미치는 효과는 Table 4에 나타내었다. 시험 2주의 total protein은 bio-starch 급여 수준이 높아짐에 따라 증가하였으며, 10% 첨가 수준에서 높은 농도를 나타내었다(linear effect, $P=0.04$; cubic effect, $P=0.01$). 또한, BUN 농도는 bio-starch 급여 수준이 높아짐에 따라 증가하는 결과를 나타내었다(linear effect, $P=0.01$). 시험 개시 및 5주의 total protein, albumin, creatinine, BUN, WBC, RBC, IgG 및 lymphocyte는 처리구간에 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Carol Lin (2007)은 생후 7, 14, 21일 자돈에 유청단백질의 함량을 감소시키고 전분, 글루타민산 첨가시 면역관련 혈액학적 지표에 미치는 영향이 없었다고 보고하여 본 시험과 유사한 결과를 나타내었다. 혈중 요소태 질소(BUN)는 단백질 분해의 최종 산물로서 과량의 단백질 흡수는 혈중 요소태 질소의 함량을 증가시키고 뇨내 요소의 배출을 증가시킨다고 하였다

Table 4. Effects of supplemented bio-starch replacing whey on blood characteristics in weaned pigs

Items	Bio-starch (%)				Pooled SE	Regression on percent ²⁾		
	CON ¹⁾	BS5 ¹⁾ (5%)	BS10 ¹⁾ (10%)	BS 15 ¹⁾ (15%)		Linear	quadratic	cubic
Total Protein (g/dL)								
Initial	4.82	4.95	4.92	4.95	0.10	NS	NS	NS
2 weeks	4.37 ^b	4.28 ^b	4.88 ^a	4.58 ^{ab}	0.12	0.04	NS	0.01
5 weeks	5.50	5.48	5.68	5.42	0.18	NS	NS	NS
Albumin (g/dL)								
Initial	3.45	3.55	3.62	3.53	0.12	NS	NS	NS
2 weeks	2.97	2.90	3.25	3.05	0.10	NS	NS	NS
5 weeks	3.60	3.58	3.68	3.50	0.11	NS	NS	NS
Creatinine (mg/dL)								
Initial	1.15	1.07	1.10	1.10	0.05	NS	NS	NS
2 weeks	1.15	1.17	1.18	1.25	0.06	NS	NS	NS
5 weeks	1.27	1.28	1.32	1.25	0.16	NS	NS	NS
BUN (mg/dL)								
Initial	9.67	8.15	8.22	10.70	4.44	NS	NS	NS
2 weeks	9.35 ^b	10.32 ^b	11.78 ^{ab}	13.30 ^a	0.88	0.01	NS	NS
5 weeks	16.18	17.80	21.86	18.07	3.66	NS	NS	NS
IgG (mg/dL)								
Initial	758.83	366.83	304.83	385.33	193.74	NS	NS	NS
2 weeks	269.00	248.67	314.67	243.33	27.29	NS	NS	NS
5 weeks	276.83	309.67	312.50	306.50	36.80	NS	NS	NS
RBC ($\times 10^6/\text{mm}^3$)								
Initial	6.34	6.39	6.47	6.56	0.21	NS	NS	NS
2 weeks	6.35	6.11	6.46	6.44	0.23	NS	NS	NS
5 weeks	6.49	6.71	6.47	6.11	0.42	NS	NS	NS
WBC ($\times 10^3/\text{mm}^3$)								
Initial	11.41	10.70	13.48	11.89	1.42	NS	NS	NS
2 weeks	18.41	18.30	17.30	23.13	2.28	NS	NS	NS
5 weeks	12.35	15.11	12.49	14.11	2.67	NS	NS	NS
Lymphocyte (%)								
Initial	35.18	31.28	25.05	32.93	3.41	NS	NS	NS
2 weeks	45.98	41.83	39.47	41.35	3.22	NS	NS	NS
5 weeks	67.83	55.03	51.70	56.08	4.38	NS	NS	NS

¹⁾ CON, whey 30% + bio-starch 0%; BS5, whey 25% + bio-starch 5%; BS10, whey 20% + bio-starch 10%; BS15, whey 15% + bio-starch 15%.

²⁾ NS, not significant.

^{a,b} Means in the same row with different superscripts differ ($P < 0.05$).

(Eggum, 1970). 본 시험의 결과 bio-starch 15% 첨가 수준에서는 다른 처리구와 비교하여 전분 수준이 높아 단백질 흡수의 증가에 의해 혈중 요소태 질소가 높게 나타난 것으로 보여지며, 시험 종료시에는 이유자돈의 소화흡수 기능의 성장에 따라 적정수준의 단백질 흡수가 이루어

Table 5. Effects of supplemented bio-starch replacing whey on fecal consistency score in weaned pigs

Items	CON ¹⁾	BS5 ¹⁾	BS10 ¹⁾	BS15 ¹⁾
No. of pigs	30	30	30	30
No. of pigs with diarrhea symptom (fecal condition score)				
2 days	8 (1.2) ²⁾	10 (1.3) ²⁾	9 (1.5) ²⁾	8 (1.0) ²⁾
4 days	4 (0.4) ²⁾	6 (1.0) ²⁾	4 (0.8) ²⁾	7 (0.8) ²⁾
8 days	1 (0.2) ²⁾	8 (0.3) ²⁾	3 (0.2) ²⁾	6 (0.5) ²⁾
14 days	0 (0.1) ²⁾	2 (0.2) ²⁾	1 (0.1) ²⁾	4 (0.4) ²⁾

¹⁾ CON, whey 30% + bio-starch 0%; BS5, whey 25% + bio-starch 5%; BS10, whey 20% + bio-starch 10%; BS15, whey 15% + bio-starch 15%.

²⁾ Diarrhea score: 0, normal (feces firm and well formed); 1, soft consistency (feces soft and formed); 2, mild diarrhea (fluid feces, usually yellowish); and 3, severe diarrhea (feces watery and projectile).

저 유의적인 차이가 나타나지 않은 것으로 사료된다.

4. 설사 지수

건조 유청 대체 bio-starch의 급여가 설사지수에 미치는 효과는 Table 5에 나타내었다. 전체적인 설사지수 및 빈도는 시간이 지남에 따라 감소하는 결과를 보여주었다. 14일 동안의 설사 발생 개체수는 대조구가 bio-starch 처리구에 비해 낮은 경향을 나타냈으며, 설사 지수 또한 낮게 나타났다. 14일째에서 2일째와 비교하여 대조구 및 bio-starch를 5% 및 10% 급여한 처리구는 설사를 하는 개체수가 감소하는 결과를 나타내었다.

이유 후 고형물사료로의 전환은 장내 미생물에 영향을 미치며 (Bedford와 Apajalahti, 2001), 일시적인 식욕감퇴가 발생하게 된다. 식욕감퇴 이후 갑작스러운 사료섭취량의 상승은 체내 필요로 하는 단백질을 초과하게 되며, 대장에서 발효 작용 시 암모니아 농도가 상승하게 되어 결장이 손상되어 설사가 발생하게 된다 (Makkink, 1993; Dong 등, 1996). Piva 등 (1996)은 사료 내 함유된 발효 탄수화물은 미생물에 의한 단백질 가수분해 조절에 영향을 미친다고 하였으며, 소장 내에서도 상당한 양의 발효가 이루어진다고 하였다 (Konstantinov 등, 2004). 따라서, 생물학적인 효소활성 과정을 거친 bio-starch 급여

시 설사 발생이 감소 할 것으로 예상하였으나, 결과적으로 설사 발생 감소 효과가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 3주령 이유자돈에게 탄수화물 소화 효소가 충분치 않았기 때문이며, 4주령 이후부터는 탄수화물 소화효소가 충분히 분비되어 설사발생 지수가 급격히 감소한 것으로 사료된다.

결론적으로, 본 시험의 결과 이유자돈의 성장단계에 따라 건조 유청을 bio-starch로 5~10% 대체 급여시 생산성에 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 소화율이 향상되는 긍정적인 결과를 나타내었다.

IV. 요약

본 연구는 이유자돈 사료 내 유청을 대체하기 위한 bio-starch의 적정 급여 수준을 평가하기 위해 시험을 실시하였다. 21일령 3원 교잡종 [(Landrace × Yorkshire) × Duroc] 이유자돈 120두를 공시하였으며, 시험 개시시 체중은 6.01 ± 0.34 kg 이었고, phase 1 (0~2주) 및 phase 2 (3~5주)의 2단계로 사양시험을 실시하였다. 시험 설계는 1) 대조구 (Control diet)와 배합사료 중 건조 유청의 일부를 bio-starch로 각각 5, 10 및 15% 대체 급여한 2) BS5, 3) BS10 및 4) BS15 처리구로 4개 처리를 하였으며, 처리당 6반복, 반복당 5두씩 완전임의 배치하였다. 전체 사양 시험기간 동안 일당사료섭취량에 있어서 BS5

와 BS15처리구가 대조구와 비교하여 유의적으로 높은 섭취량을 나타내었으며 ($P<0.05$), 체중, 일당증체량 및 사료효율은 유의적인 차이가 없었다 ($P>0.05$). 시험 2주의 건물과 질소 소화율은 bio-starch 10% 급여 수준에서 높은 소화율을 나타내었고 (quadratic effect, $P=0.03$ & $P=0.01$; cubic effect, $P<0.001$ & $P=0.01$), 종료시의 건물, 질소 및 에너지 소화율은 bio-starch 5% 급여 수준에서 높게 나타났다 ($P<0.05$). 시험 2주의 total protein은 bio-starch 급여 수준이 높아짐에 따라 증가하였으며, 10% 첨가 수준에서 높은 농도를 나타내었다 (linear effect, $P=0.04$; cubic effect, $P=0.01$). 또한, BUN 농도는 bio-starch 급여 수준이 높아짐에 따라 증가하는 결과를 나타내었다 (linear effect, $P=0.01$). 설사 발생 개체와 지수는 대조구가 bio-starch 처리구에 비해 낮은 경향을 나타내었다. 결론적으로, 본 시험의 결과 이유자의 성장단계에 따라 건조유청을 bio-starch로 5~10% 대체 급여시 생산성에 부정적인 영향을 미치지 않았으며, 소화율이 향상되는 긍정적인 결과를 나타내었다.

V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official Method of Analysis. 16th ed. Association of official Analytical Chemists. Washington, D. C.
2. Asche, G. L., Lewis, A. J. and Peo Jr, E. R. 1989. Protein digestion in weanling pigs: Effect of dietary protein source. J. Nutr. 119:1093-1099.
3. Bedford, M. R. and Apajalahti, J. 2001. Microbial interactions in the response to exogenous enzyme utilization. Pages 299-314. in Enzymes in Farm Animal Nutrition. Bedford, M. R. and Partridge, G. G. ed. CAB International, Wallingford, UK.
4. Carol Lin, B. S. 2007. Amino acid nutrition for growth and health of neonatal pigs. Chapter IV: The effect of dietary N-carbamoylglutamate supplementation on the growth of milk-fed young pigs. Submitted to the Graduate Faculty of Texas Tech University in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science. pp:46-58.
5. Cera, K. R., Mahan, D. C. and Reinhart, G. A. 1988. Effects of dietary dried whey and corn oil on weanling pig performance, fat digestibility and nitrogen utilization. J. Anim. Sci. 66:1438-1445.
6. Crenshaw, T. D. 1997. Relative nutritional value of roller-dried versus spray-dried whey for pigs weaned at 11 or 20 days. J. Anim. Sci. 75(Suppl. 1): 60.
7. Dong, G. Z., Zhou, A. G., Yang, F., Chen, K, R., Wang, K. Y. and Dao, D. M. 1996. Effect of dietary protein levels on the bacterial breakdown of protein in the large intestine and diarrhea in early weaned pigs. Acta Vet. Zootech. Sin. 27: 293-302.
8. Duncan, D. B. 1955. Multiple range and multiple F tests. Biometrics. 11:1-14.
9. Eggum, B. O. 1970. Blood urea measurement as a technique for assessing protein quality. Br. J. Nutr. 24:983-988.
10. Etheridge, R. D., Seerley, R. W. and Wyatt, R. D. 1984. The effect of diet on performance, digestibility, blood composition and intestinal microflora of weaned pigs. J. Anim. Sci. 58:1396-1402.
11. Giesting, D. W., Easter, R. A. and Roe, B. A. 1985. A comparison of protein and carbohydrate sources of milk and plant origin for starter pigs. J. Anim. Sci. 61(Suppl. 1): 299.
12. Graham, P. L., Mahan, D.C. and Shields Jr., R. G. 1981. Effect of starter diet and length of feeding regimen on performance and digestive enzyme activity of 2-week old weaned pigs. J. Anim. Sci. 53:299-307.
13. Hongtrakul, K. Goodband, R. D., Behnke, K. C., Nelssen, J. L., Tokach, M. D., Bergström, J. R., Nessmith Jr, W. B. and Kim, I. H. 1998. The effects of extrusion processing of carbohydrate sources on weanling pig performance. J. Anim. Sci. 76:3034-3042.
14. Jin, C. F., Kim, J. H., Moon, H. K., Cho, W. T., Han, Y. K. and Han, I. K. 1998. Effects of various carbohydrates source on the growth

- performance and nutrient utilization in pigs weaned at 21 days of age. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 11:285-292.
15. Kerr, C. A., Goodband, R. D., Tokach, M. D., Nelssen, J. L., Dritz, S. S., Richert, B. T. and Bergström, J. R. 1998. Evaluation of enzymatically modified potato starches in diets for weanling pigs. *J. Anim. Sci.* 76:2838-2844.
 16. Konstantinov, S. R., Awati, A., Smidt, H., Williams, B. A., Akkermans, A. D. L. and De Vos, W. M. 2004. Specific response of a novel and abundant *Lactobacillus amylovorus*-like phylotype to dietary prebiotics in the guts of weaning piglets. *Appl. Environ. Microbiol.* 70: 3821-3830.
 17. Lawrence, N. J. and Maxwell, C. V. 1983. Effect of dietary fat source and level on the performance of neonatal and early weaned pigs. *J. Anim. Sci.* 57:936-942.
 18. Mahan, D. C. 1992. Efficacy of dried whey and its lactalbumin and lactose components at two dietary lysine levels on postweaning pig performance and nitrogen balance. *J. Anim. Sci.* 70: 2182-2187.
 19. Mahan, D. C. 1993. Evaluating two sources of dried whey and the effects of replacing the corn and dried whey component with corn gluten meal and lactose in the diets of weanling swine. *J. Anim. Sci.* 71:2860-2866.
 20. Makink, C. A. 1993. Of piglets, dietary proteins, and pancreatic proteases. Ph.D. Dissertation, Wageningen University, Wageningen, the Netherlands.
 21. Marvromichalis, I. and Varley, M. A. 2003. Transition feeding systems for weaned pigs. In: *Perspectives of Pig Science*, by Wiseman, J., Varley, M. A. and Kemp, K. B. F. (ed), 405-456. Nottingham University Press, Nottingham, UK.
 22. Nessmith, W. B., Nelssen Jr., J. L., Tokach, M. D., Goodbad, R. D. and Bergström, J. R. 1997. Effects of substituting deproteinized whey and/or crystalline lactose for dried whey on weanling pig performance, *J. Anim. Sci.* 75:3222-3228.
 23. NRC. 1998. *Nutrient Requirements of swine.* National Research Council, Academy Press.
 24. Owsley, W. F., Orr Jr, D. E. and Tribble, L. F. 1986. Effects of age and diet on the development of the pancreas and the synthesis and secretions of pancreatic enzymes in the young pig. *J. Anim. Sci.* 63(2):497-504.
 25. Piva, A., Panciroli, A., Meola, E. and Formigoni, A. 1996. Lactitol enhances short-chain fatty acid and gas production by swine cecal microflora to a greater extent when fermenting low rather than high fiber diets. *J. Nutr.* 126:280-289.
 26. Rantzer, D., Svendsen, J. and Weström, B. 1996. Effects of a strategic feed restriction on pig performance and health during the post-weaning period. *Acta Agric. Scand.* 46:219-226.
 27. SAS. 1996. *SAS user's guide: Release 8.02* edition. SAS Inst, Inc., Cary, NC. U. S. A.
 28. Tokach, M. D., Pettigrew, J. E., Johnston, L. J., Overland, M., Rust, J. W. and Cornelius, S. G. 1995. Effect of adding fat and(or) milk product to the weanling pig diet on performance in the nursery and subsequent grow-finish stages. *J. Anim. Sci.* 73:3358-3368.
 29. Tomkins, T. 1989. Factors affecting the quality of milk based products and milk substitutes, and performance of the young pig. In: 5th North Carolina Nutr. Conf. p 13. North Carolina State University, Raleigh. North Carolina, U. S. A.
 30. Touchette, K. J., Crow, S. D., Allee, G. L. and Newcomb, M. D. 1995. Weaned pigs response to lactose(day 0-14 postweaning). *J. Anim. Sci.* 73 (Suppl. 1): 70.
 31. Wiseman, J., Pickard, J. and Zarkadas, L. 2001. Starch digestion in piglet. In: *The Weaner Pigs-Nutrition and Management*, by varley, M. A. and Wiseman, J.(ed), 65-80. CAB international, Wallingford, UK.
- (접수일자 : 2008. 3. 20. / 수정일자 : 2008. 6. 21. / 채택일자 : 2008. 7. 4.)