

저탄수화물 고지방 발효사료 급여가 돈육의 육질 특성에 미치는 영향

강석남 · 송영민 · 김철욱 · 김태완 · 추교문 · 양보석 · 진상근 · 김일석*

진주산업대학교 동물소재공학과

Effect of Feeding High Carbohydrate–Low Fat Fermented Feed on the Meat Quality Characteristics in Finishing Pigs

Suk-Nam Kang, Young-Min Song, Chul-Wook Kim, Tae-Wan Kim, Gyo-Moon Chu, Bo-Suk Yang, Sang-Keun Jin, and Il-Suk Kim*

Department of Animal Resources Technology, Lab. of Meat Technology and Marketing, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea

Abstract

A total of ninety swine (79.0±2.2 kg) were employed for 58 d to determine the meat quality of pigs fed fermented agricultural by-products (FAB) mainly consisting of brewers grain shell. FAB was replaced with commercial feed at dietary levels of 20%, 40%, 60%, 80%, and 100% (T1) and 30%, 60%, 100%, and 100% (T2) at 1, 2, 3, 4 and 5-9 wk, respectively. Compared with the control (CON) feed, FAD feed had lower moisture and nitrogen-free extract content, and higher crude fat, crude fiber, and total calorie ($p<0.05$). The protein content, amino acid profile, and pH values of pork loin were not affected by dietary treatment. However, higher moisture, crude ash, and meat cholesterol, and lower fat, were found in CON compared with treatment ($p<0.05$). FAB treatment significantly improved drip loss and cooking loss value ($p<0.05$), and increased the CIE L^* values of loin and back-fat surface, whereas it decreased the CIE a^* values of loin surface ($p<0.05$). The results indicate that dietary FAB affected meat cholesterol and fat content, and improved drip loss and cooking loss, but had no affect on amino acid composition.

Key words: fermented feed; agricultural by-products; meat quality

서 론

식품 부산물을 제거하기 위한 매립 및 소각 등의 방법은 여러 나라에서 토양 및 식수의 오염유발하기 때문에 대체 방법으로 이를 가공 및 재처리하여 사용할 수 있는 방법이 개발되고 있다(Kim *et al.*, 2006; Sasaki *et al.*, 2007).

식품 부산물이나 잔여물을 이용한 양축은 오래 전부터 이루어져왔으나, 그 영양적 성분이 일정하지 못하고, 몇 시간 내에 미생물에 의한 부패가 시작되기 때문에 이들을 가공 및 재 처리하는 데 어려움을 겪고있다(Chung, 2001; Jo, 2001).

이러한 문제를 해결하기 위해 여러 나라에서 특정 온도

에서 열처리나 살균공정을 통해 식품 부산물의 재활용에 노력하고 있다(KFMR, 2001; US Congress, 1980).

이러한 방법 중의 하나로 부산물에 생균제의 첨가가 초기 유해 미생물수를 감소시키고 혐기상태를 촉진시키는 것으로 알려져 있으며(Golueke and Diaz, 1991), 유산균의 섭취시 장내 균총의 개선을 가져와 동물의 영양적 이용성을 증진시키다고 보고하였다(Ensminger *et al.*, 1990). 이러한 혐기상태의 발효과정은 수분함량을 줄이고 사료의 기호성을 증진시킨다고 알려져 있다(CAST, 1978).

부산물을 이용한 사료는 높은 수분함량 및 낮은 건물량(Westendorf, 2000), 빈번한 영양적 가치의 변화(Chae *et al.*, 2000), 영양적 불균형(Chung, 2001), 낮은 영양소 소화율(Chae *et al.*, 2000)로 증체율을 저하시키고, 마블링 저하 및 지방 조직을 연하게 한다고 보고하였다(So, 1999). 하지만, 다른 한편으로는 대체 물질을 활용한 돼지의 사양이 돼지고기의 육질의 품질에 영향을 미치지 않는다고 보고하였다(Bryhni *et al.*, 1999; Nam *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2004).

*Corresponding author: Il-Suk Kim, Department of Animal Resources Technology, Lab. of Meat Technology and Marketing, Jinju National University, Jinju 660-758, Korea. Tel: 82-55-751-3512, Fax: 82-55-751-3280, E-mail: iskim@jinju.ac.kr

사료의 원료를 전적으로 수입에 의존하고 있는 우리나라에서의 사료비 절감문제와 분뇨처리문제는 국내 양돈농가의 가장 큰 경영압박 요인이 되고 있으며, 축산물의 생산비 절감을 위한 대체사료개발 여부가 향후 우리나라 양돈 산업에서의 중요한 과제로 남아 있다. 이에 식품 부산물이나 남은 음식물 및 곡류를 활용한 사료 개발연구가 중요하다(Nam *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2004).

또한, 최근 비육말기 낮은 가용성 탄수화물 함유 사료 급여가 근육 내 글리코겐함량을 저하시켜 일련의 사후과정을 조절시키는 연구가 활발히 진행 중이다(Rosenvold *et al.*, 2001a, 2003a).

본 연구는 발효사료의 개발을 목적으로 맥주박, 송이버섯 부산물, 파인애플박, 옥수수박, 대두박 및 미강을 생균제로 발효 및 건조하여 발효사료를 제조하였다. 제조된 발효사료는 상업적인 사료에 비해 지방, 섬유소 함량 그리고 칼로리 함량은 높으나, 단백질 함량은 상업적 사료와 동일하고, 낮은 수분함량을 갖는 사료를 제조하였다. 이상의 발효사료를 이용하여 육성-비육기 돼지에 급여시 육질에 미치는 영향을 조사하였다.

재료 및 방법

발효사료 제조 및 공시동물

발효사료 제조는 Bio-REA((주)동명물산, Korea)을 이용하여 맥주박 38%, 미강 25%, 새송이버섯 부산물 20.99%, 파인애플박 8%, 대두피 5%, 옥수수박 4%를 첨가한후

Table 1. Composition of commercial and fermented feed

	Commercial feed	Fermented feed
Moisture	12.74±0.36 ^a	9.66±0.43 ^b
Crude protein	15.34±0.33	15.22±0.25
Crude fat	6.41±0.14 ^b	9.71±0.46 ^a
Crude fiber	2.98±0.23 ^b	16.44±0.25 ^a
Crude ash	4.78±0.14 ^b	6.74±0.17 ^a
Nitrogen free extract	57.75±1.19 ^a	42.23±1.09 ^b
Total calory (kcal/kg)	3,493±125 ^b	4,449±137 ^a

^{a-b}Means±SD within the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

100°C에서 4시간 살균후 30°C까지 냉각시켰다. 이후 *Lactobacillus palntarum*, *Enterococcus faecium* 및 *Saccharomyces cerevisa*가 각각이 8 log CFU/g을 함유한 미생물제제(주) 대호, Korea) 0.01%를 첨가한 후 40°C에서 20시간 발효시켰다. 발효이후 혐기상태를 유지하기 위해 비닐봉투로 밀봉하여 실온에서 7일간 숙성시킨 후 사료에 첨가하였다. 기간별 발효사료 대체량을 달리하여 대조구는 기초사료를 급여하고, T1은 1주, 2주, 3주, 4주, 5-9주에 일반사료에 대한 발효사료의 비율을 각각 20%, 40%, 60%, 80% 및 100%로 대체하여 급여하였고, T2는 각각 30%, 60%, 100%, 100%, 100% 대체하여 급여하였다(Table 2).

돼지는 130(±2일)일령의 생체중 79 kg 내외의 90두(3원교잡종(LY×D))를 공시하였다. 시험구 배치는 처리구 당 각각 10두씩 3반복 62일간 사육하여 60일간 급여하였다.

비육기 배합사료 중 기초사료는 옥수수와 대두박을 주 원료로 성분비는 건물기준 수분 12.74%, 조단백질 15.34%, 조지방 6.41%, 조섬유 2.98%, 조회분 4.78%, NFE 57.75% 및 총칼로리 3,493 kcal/kg이었고, 발효사료는 건물 기준 수분 9.66%, 조단백질 15.22%, 조지방 9.71%, 조섬유 16.44%, 조회분 6.74%, NFE 42.23%, 총칼로리 4,449 kcal/kg이었다. 사육방식은 개방식 톱밥 돈사에서 사료와 급수는 무제한 급여를 하였다.

도축 및 시료처리

사육된 돼지는 도축당일 스트레스를 줄이기 위해 아침 일찍 농장에서 농장근처의 B도축장으로 이송하여 12시간 계류를 실시하였다. 계류이후 도축을 실시하였고, 농림부 고시 제2001-38호(MAF.2001.6.2)에 의한 “축산물등급판정 세부기준”에 의해 등급 판정을 실시한 이후 도축장 소속 가공장에서 각 처리구별로 좌 등심을 분할 정형하여 각각 10두씩 취하여 ice 박스에 담아 3시간 이내에 실험실로 이송한 이후 육질분석을 실시하였다.

일반성분, 콜레스테롤 함량 분석용 시료는 실험실시 전까지 -98°C 냉동 보관하였으며, pH, 육색, 지방색, 드립감량, 및 가열감량은 도축 48시간 후에 실험을 실시하였다.

Table 2. Experimental diet feed to fattening pig

Treatments	Feeding period (wk)				
	1	2	3	4	5-9
C	100% commercial feed				
T1	Replaced commercial feed by different levels of fermented feed				
	20%	40%	60%	80%	100%
T2	Replaced commercial feed by different levels of fermented feed				
	30%	60%	100%	100%	100%

일반성분 및 식육 콜레스테롤 분석

일반성분은 AOAC(1990) 방법에 따라 사료 및 식육의 수분, 지방, 단백질 및 회분을 측정하였다. 총칼로리 분석을 위하여 시료를 분쇄기로 갈아 50 g을 취한 후 전처리하여 칼로리미터(Model C2000, IKA WERKE, USA)로 분석하였다.

콜레스테롤 분석을 위한 지방의 추출은 Folch 등(1957) 방법에 따라 세절육 10 g을 250 mL 삼각플라스크에 넣고 chloroform : methanol(2:1) 혼합용액 150 mL를 첨가한 다음 2,500 rpm에서 3분간 균질화시킨 다음 지질을 추출하고 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하여 얻은 하층을 취하여 농축하여 지질을 추출하였다. 추출된 지방은 Zanardi 등(1998)의 방법에 따라 추출한 지질 0.1 g에 비누화 시약 5 mL와 1 mL 내부표준물질(5α -cholesteae 0.5 mg)를 넣고 시료를 균질화 하여 마개를 한 다음 60% KOH 8 mL와 Sol A 40 mL(ethanol : methanol : isopropylalcohol = 90:5:5)를 넣고 100°C에서 환류냉각관이 부착된 상태에서 1시간 가열 후 냉각하고 벤젠 층으로 흡수시킨 후 1 N KOH 200 mL, 0.5N KOH 40 mL, 증류수 순으로 pH 7.0 이 될 때까지 수세하였다.

이후 감압 농축하여 내부표준물질(scoraren, Sigma-Aldrich, USA)으로 녹여 GC로 분석하였다. GC 분석조건은 column SPB-1, 0.53 mm i.d.×30 m×2.65 μ m film thickness, detector는 flame ionization detector(FID)였다.

아미노산 분석

아미노산 분석은 Mason(1984)의 방법에 따라 분쇄된 고기 시료 0.1 g을 정확히 취하여 시약병에 넣고 6 N HCl 10 mL을 가한 다음 N_2 로 치환하여 신속히 밀봉하였다. 이를 110±1°C 오븐에서 24시간 가수분해시킨 뒤 실온에서 방냉하였다. 이후 염소가스를 제거시키기 위해 100°C의 항온수조에서 건조시킨 후 sodium citrate buffer(pH 2.2) 25 mL를 넣어 희석하였다. 그리고 membrane filter(0.2 μ m)로 여과시킨 후 아미노산 자동분석기(Sykam S433, Gilching Co., Germany)로 분석하였다. 아미노산 계산은 시료(S1) mg을 산 가수분해하여 가열 건조시킨 후, Y mL의 sodium citrate(pH 2.2)에 용해시켜 Z mL을 loading 하였을 경우 다음 식과 같이 계산하였다.

$$\text{Amino acid(mg/g)} = A \times 10 (\text{cystine인 경우는 } 5) \times \text{M.W.} \times B / 1,000,000$$

$$A(\text{면적비}) = \text{sample area} / \text{standard area}$$

$$B(\text{희석배수}) = (100/X) \times (Y/Z)$$

pH, 드립감량 및 가열감량

도축후 48시간 이후에 등심근의 pH는 근막, 지방 등을 제거한 후 세절한 시료 10 g을 증류수 90 mL와 함께 균질기(T25B, IKA Sdn. Bhd., Malaysia)로 13,500 rpm에서

20초간 균질하여 pH 미터(8603, Metrohm, Swiss)로 측정하였다. 드립감량 및 가열감량은 Jin 등(2009)의 방법에 따라 수행하였다. 드립감량은 30 g 시료를 비닐팩에 담아 4°C에서 12시간 방치할 때 유리되는 수분함량을 시료기준으로 환산하였다. 가열감량은 제5늑골 직상부의 배최장근을 일정한 크기(10×7×4cm)로 절단하여 지퍼백에 포장하고 80°C 항온수조에서 1시간 가열(심부온도가 65°C 이상) 후 물기를 제거하고 4°C에서 2시간 방치 후에 무게를 측정하여[(가열후 시료 무게/가열전 시료 무게)×100] 계산하여 측정하였다.

육색 및 지방색 측정

육색 및 지방색은 절단육을 30분간 실온에 방치한 후 색차계(CR-400, Minolta Co., Japan)를 사용하여 동일한 방법으로 5회 반복하여 명도(lightness, CIE L^*), 적색도(redness, CIE a^*) 황색도(yellowness, CIE b^*)를 측정한다. 이때 표준색판은 $L^*=89.2$, $a^*=0.921$, $b^*=0.783$ 으로 하였다.

통계 분석

SAS program(Statistics Analytical System, 1999)의 GLM (General Linear Model) 방법으로 분석하였다. 처리 평균 간의 평균값 비교를 위해 Duncan의 다중검정(Multiple Range Test)을 이용하여 유의성 검정($p=0.05$)을 실시하였다.

결과 및 고찰

일반성분, 콜레스테롤 함량 및 아미노산 조성

농산 부산물을 활용한 발효사료의 급여가 돈육의 일반성분 및 콜레스테롤 함량에 미치는 영향에 대한 결과는 Table 3에 나타내었다. 단백질 함량은 시험구간 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 이러한 결과는 상업적인 사료와 발효사료 간 단백질 수준이 유의적인 차이가 없었기 때문으로 사료된다(각각 15.22%, 15.34%). 수분함량의 경우 대조구(73.12%) 및 T1(72.86%)이 T2(72.18%)보다 높

Table 3. Proximate composition (%) and cholesterol content (mg/100 g) of loin from pigs fed fermented agricultural by-product in finishing period

	Treatments ¹⁾		
	CON	T1	T2
Moisture (%)	73.12±0.85 ^a	72.86±0.51 ^a	72.18±0.66 ^b
Crude protein (%)	22.37±0.43	22.19±0.62	21.89±0.43
Crude fat (%)	3.20±0.43 ^b	3.62±0.33 ^{ab}	3.91±0.55 ^a
Crude ash (%)	1.21±0.11 ^a	1.09±0.07 ^b	1.07±0.07 ^b
Cholesterol (mg/100 g)	39.43±4.32 ^a	26.74±6.64 ^b	29.55±4.23 ^{ab}

¹⁾Treatments are the same as described in Table 2.

^{a,b}Mean±SD within the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

은 수분함량을 나타내었고($p<0.05$), 지방함량은 T2(3.91%)가 대조구(3.20%)보다 높게 나타났다고 보고하였다($p<0.05$). 기존의 연구에서 식육의 지방함량은 수분함량과 역상관 관계가 있다고 보고하였는데(Ramsey *et al.*, 1990; Shields *et al.*, 1983; Shulter *et al.*, 1970), 본 연구에서도 발효사료를 급여한 군에서 지방함량이 증가하고 수분함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 결과는 발효사료의 제조에 사용되는 맥주박, 미강, 새송이버섯 부산물, 과일애플박, 대두비, 옥수수박의 첨가로 인한 처리구 사료의 에너지가의 상승 때문으로 여겨진다.

또한, 회분함량의 경우에도 처리구가 1.07-1.09% 수준인데 반하여 대조구는 1.21%로 유의적으로 높게 나타났다. Sasaki 등(2007)은 식품부산물을 이용한 발효사료 급여가 돈육의 수분함량이 감소하고, 조지방함량이 증가하였다고 보고하였고, Kim 등(2008)은 복합 생균제 급여가 돈육의 수분을 감소시킨다고 하여 본 연구와 유사하였다. Goerl 등(1995)는 단백질/칼로리 수준이 낮은 경우 체내 지방 축적량이 증가한다고 보고하였다. 본 실험의 경우 사료 조성 중 발효사료의 단백질함량/칼로리 비율(15.22%/4,449 kcal/kg)이 대조구 비율(15.34%/3,493 kcal/kg)보다 낮고, 사료의 지방함량(발효사료 및 일반사료 각각 9.71%, 6.41%)이 높았기 때문에 등심의 지방함량이 높게 나타난 것으로 사료된다.

섬유소의 섭취는 심장 질환 질병의 발현과 역의 관계에 있으며, 혈장 LDL-콜레스테롤함량을 낮추준다고 보고되고 있으며(Brown and Rosner, 1999; Liu *et al.*, 1999; Turley *et al.*, 1991), 섬유질은 간장에서 콜레스테롤을 담즙으로 전환하는 과정에서 조직 내 콜레스테롤을 담즙으로 전환시키는 과정에서 낮추준다(Fernandez, 1995; Fernandez, 1999; Noshiro and Okuda, 1990).

콜레스테롤은 인체 세포막의 중요한 구성성분이지만, 성인병의 유발원인으로 인식되기 때문에 식육에서 콜레스테롤 함량은 그 의미가 크다고 할 수 있다. 본 실험에서 식육의 콜레스테롤 함량은 T1이 대조구보다 유의적으로 낮게 나타났는데($p<0.05$), 이는 발효사료의 섬유소 함량이 일반사료보다 5.5배 높기 때문으로 사료된다.

기존의 연구에서 섬유질의 급여가 콜레스테롤 함량을 줄인다고 하였고(Brown and Rosner, 1995; Fernandez, 1995; Fernandez *et al.*, 1999), Choi 등(2005)은 호밀사일리지를 최대 3%까지 첨가하였을 때 혈중 콜레스테롤 함량이 감소하였다고 보고하였다. 또한, Hah 등(2005)은 생균제 급여시 콜레스테롤 함량이 감소한다고 보고하였다. 본 연구의 결과 처리구의 식육콜레스테롤 함량이 대조구에 비해 유의적으로 낮게 나타나 발효사료의 급여가 돈육의 콜레스테롤 함량 감소에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

농산 부산물을 활용한 발효사료의 급여가 돈육의 아미노산 조성에 미치는 영향에 대한 결과는 Table 4에 나타

Table 4. Amino acid profiles (%) of loin from pig fed fermented agricultural by-product in finishing period

	Treatments ¹⁾		
	CON	T1	T2
Asparagine	1.78±0.16	1.89±0.09	1.82±0.05
Threonine	0.85±0.10	0.89±0.02	0.88±0.01
Serine	0.73±0.06	0.75±0.03	0.77±0.00
Glutamine	2.95±0.29	3.09±0.12	3.06±0.06
Proline	0.63±0.07	0.69±0.05	0.65±0.03
Glycine	1.81±0.14	1.92±0.07	1.84±0.07
Alanine	1.66±0.10	1.74±0.06	1.28±0.75
Valine	1.74±0.15	1.82±0.08	1.77±0.09
Isoleucine	1.12±0.34	1.48±0.46	1.17±0.37
Leucine	2.27±0.47	2.44±0.71	1.98±0.61
Tryptophane	1.16±0.14	0.66±0.02	0.72±0.40
Phenylalanine	1.51±0.97	0.96±0.19	1.81±0.97
Histidine	0.84±0.11	0.95±0.12	1.00±0.03
Lysine	1.89±0.31	1.77±0.06	1.73±0.05
Arginine	1.43±0.37	1.24±0.04	1.23±0.04
Total	22.37±0.61	22.31±1.56	21.71±0.88

¹⁾Treatments are the same as described in Table 2.

내었다. 아미노산 조성은 시험구간의 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 처리구의 glutamine, histidine, alanine이 대조구보다 비교적 높게 나타났으며, tyrosin 및 arginine이 낮게 나타났으나 유의적인 차이는 보이지 않았다.

pH, 드립감량, 가열감량, 육색 및 지방색

농산 부산물을 활용한 발효사료의 급여가 돈육의 pH, 드립감량, 가열감량, 육색 및 등지방색의 변화에 미치는 영향에 대한 결과는 Table 5에 나타내었다.

근육내 글리코젠 함량은 사료에 의해 조절이 가능하며(Rosenvold *et al.*, 2003), 급여사료에 따라 도축 전 근육

Table 5. pH, meat and backfat surface color of loin from pigs fed fermented agricultural by-product in finishing periods

Treatments ¹⁾	CON	T1	T2
pH	5.76±0.11	5.75±0.14	5.78±0.09
Drip loss (%)	3.83±1.13 ^a	3.45±1.86 ^b	3.52±1.56 ^b
Cooking loss (%)	31.19±1.19 ^a	29.89±0.90 ^b	30.68±1.15 ^{ab}
Meat surface			
CIE L*	55.98±0.78 ^c	57.95±5.00 ^a	57.10±3.18 ^{ab}
CIE a*	9.20±1.31 ^a	7.95±1.86 ^b	8.28±1.30 ^b
CIE b*	4.59±1.72	4.59±1.72	4.70±1.08
Back-fat surface			
CIE L*	84.22±2.10 ^b	84.78±2.48 ^{ab}	85.80±1.95 ^a
CIE a*	3.08±0.79	3.25±1.01	3.59±1.25
CIE b*	3.33±1.25 ^b	5.34±0.88 ^a	4.86±1.49 ^a

¹⁾Treatments are the same as described in Table 2.

^{a-b}Mean±SD within the same row with different letters are significantly different ($p<0.05$).

내 macroglucogen의 함량과 마블링 수준(지방축척도)에 영향을 미치는데, 이는 도축 직후 해당과정 및 냉각속도에 영향을 미친다(Karlsson *et al.*, 1997; McDonagh *et al.*, 1999; Rosenfold *et al.*, 2001b). 도축과정 중 발생하는 도체열과 pH_{45min}의 하락이 식육의 단백질 변성에 영향을 미쳐 보수력 및 육색에 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lindahl *et al.*, 2006; Rosenfold *et al.*, 2001b; van der Wal *et al.*, 1988).

이러한 급여사료에 의한 근육내 글리코겐 함량은 쥐(Lapachet *et al.*, 1996), 토끼(Gierus and Rocha, 1997) 실험에서 지방함량이 높고 가소화 탄수화물 함량이 낮은 사료를 급여할 때 근육내 글리코겐 함량이 감소한다고 보고되었다.

도축전 가용성 탄수화물 함량이 높은 사료를 급여할 때 근육내 글리코겐 함량을 증가하고 pH_{24h}가 낮아진다고 알려져 있으며(Briskey *et al.*, 1959, 1960; Fernandes *et al.*, 1979; Gallway *et al.*, 1977; Sayre *et al.*, 1963), 표준 사료에 지방함량을 증가시킨 연구결과(Lauridsen *et al.*, 1999)와 도축 2주전에 낮은 가소화 탄수화물과 높은 단백질 함량의 사료를 급여한 결과에 있어 근육내 글리코겐 함량이 영향을 없었다는 Leheska 등(2002)의 연구 결과로 입증되었다.

본 실험의 pH_{48h}의 경우 T2처리구가 대조구 처리구보다 높은 pH를 나타내었지만, 모든 처리구에서 pH 5.75-5.78 수준으로 시료간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 즉, 칼로리, 지방 및 가용성 무질소화합물 성분 면에서 대조구(각각 3,493 kcal/kg, 6.42%, 57.75%)에 비해 처리구의 고칼로리, 고지방, 저가용성 무질소화합물(각각 4,449 kcal/kg, 9.72%, 43.23%) 사료 급여가 도축후 48시간 이후의 pH의 차이에 영향을 미치지 못한 것은 근육의 pH의 변화가 지방이 많고 가용성 탄수화물이 적은 사료를 급여한 돈육의 사후 45분에는 pH감소에는 영향을 미치나 24시간 이후에는 영향이 적다는 Rosenfold 등(2003a)의 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

드립감량은 T1 및 T2처리구(3.45-3.52%)가 대조구(3.83%)보다 유의적으로 낮게 나타났으며, 가열감량은 T1(29.89%)이 대조구(31.19%)보다 유의적으로 낮게 나타났다($p > 0.05$). 이러한 결과는 고지방, 저 탄수화물 사료를 급여시 도축 후 해당과정에 변화를 가져와 도축직후 pH_{45min}의 상승과 보수력을 향상시킨다는 Rosenfold 등(2001a, 2001b)의 결과와 유사하였다.

도축 3주전에 고지방(약 17-18%), 고단백(22-24%), 저가용성 탄수화물(<5%) 사료를 급여시 사양성적 결과에 상관없이 돈육의 등심 내 글리코겐 축적량이 감소한다고 보고되었고(Rosenfold *et al.*, 2001a, 2001b, 2002), 도축시 낮은 글리코겐과 creatine phosphate 수준이 해당과정에서 젖산축적을 억제시켜 식육의 pH상승 및 DFD(Dark, firm,

dry)육이 발생하는 원인이라고 보고하였다(Bendall, 1973; Hamm, 1960).

돈육의 육색은 많은 내부(종, 성, 나이, 근육형태) 및 외부인자(사료, 도축전 처리, 도축)의 상호작용에 의해 영향을 받는다. 특히, 이러한 요인들은 도축과정 중 초기의 pH/온도 처리에 의해 신선육의 육색이 영향을 받는 것으로 알려져 있다(Lindahl *et al.*, 2006). 비육말기 낮은 가용성 탄수화물 함유 사료급여가 근육 내 글리코겐함량을 저하시켜 일련의 사후과정을 조절하여 보수력이 높고 L*값이 낮은 식육을 생산하기 위한 연구가 활발히 진행 중이다(Rosenfold *et al.*, 2001a, 2003; Tikk *et al.*, 2006).

본 연구 결과 대조구에 비해 고지방 및 저가용무질소물을 급여한 처리구의 백색도(CIE L*), 적색도(CIE a*)가 낮게 나타났($p < 0.05$). 하지만, 황색도(CIE b*)는 시료간 유의적인 차이를 나타내지 않았다. 이러한 결과는 저탄수화물사료를 급여시 낮은 L*값을 나타냈다는 Rosenfold 등(2001a)과 Tikk 등(2006)의 보고와 유사하였다.

등지방색의 경우 백색도 및 황색도의 경우 처리구가 대조구보다 높게 나타났으나($p < 0.05$), 적색도는 시료간 유의적인 차이가 나타나지 않았다.

Cho 등(2007)은 호밀 사일리지를 급여하였을 때 육색의 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 본 실험의 경우, 농산부산물을 이용한 발효사료를 급여하였을 때 등심육의 경우 처리구의 백색도가 증가하나 적색도는 감소하였고, 등지방의 경우 백색도가 감소하나 황색도는 증가하였다.

요 약

LYD 90두(79.0±2.2 kg)를 58일간 맥주박을 주원료로 하는 발효를 사육단계별로 급여하였을 때 돈육의 육질특성에 미치는 영향을 조사하였다. 발효사료는 1, 2, 3, 4그리고 5-9주차에 일반사료기준 발효사료를 T1은 20, 40, 60, 80, 100%, T2는 30, 60, 100, 100%대체하여 급여하였다. 발효사료는 대조구 사료보다 수분함량과 가용무질소물의 함량이 유의적으로 낮고, 조지방, 조섬유 및 총칼로리는 유의적으로 높게 나타났($p < 0.05$). 단백질 함량, 아미노산 조성 및 pH는 시험구간 유의적인 차이가 없었으나, 대조구의 수분, 조섬유 및 식육콜레스테롤 함량이 처리구에 비해 높았고 지방함량은 낮게 나타났($p < 0.05$). 발효 사료급여군은 드립감량과 가열감량 수치를 유의적으로 향상시켰으며($p < 0.05$), 등심과 등지방 표면의 백색도를 향상시켰으나, 등심의 적색도를 감소시켰다($p < 0.05$). 발효사료급여로 인한 신선육의 관능적 특성에 영향을 미치지 않았다. 이상의 결과 발효사료급여가 식육의 지방함량과 식육의 콜레스테롤 함량에 영향을 미쳤으며, 드립감량 및 가열감량의 향상에 영향을 미쳤으나 아미노산 조성에는 영향을 미치지 않았기 때문에 발효사료는 대체사료 개발의 좋은

시도로 여겨진다.

사 사

본 연구는 농촌진흥청 양돈특화사업과 한국연구재단 중점연구소 지원사업(2009-0093813)으로 수행하였습니다.

참고문헌

1. AOAC (1990) Official Methods of Analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA.
2. Bendall, J. R. (1973) Postmortem changes in muscle. In Structure and function of muscle. Bourne, G. H. (ed), pp. 243-309.
3. Briskey, E. J. (1964) Etiological status and associated studies of pale, soft, exudative porcine musculature. *Adv. Food Res.* **13**, 89-178.
4. Briskey, E. J., Bray, R. W., Hoekstra, W. G., Phillips, P. H., and Grummer, R. H. (1959) The effect of exhaustive exercise and high sucrose regimen on certain chemical and physical pork ham muscle characteristics. *J. Anim. Sci.* **18**, 173-177.
5. Brown, L., Rosner, B., Willet, W., C., and Sack, F. M. (1999) Cholesterol-lowering effects of dietary fiber: a meta-analysis. *Am. J. Clin. Nutr.* **69**, 30-42.
6. Bryhni, E. A., Kjos, N. P., Overland, M., and Sorheim, O. (1999) Food waste products in diets for growing-finishing pigs: Effect on growth performance, carcass characteristics and meat quality. Proceed. 45th Int. Congress of Meat Sci. and Technol., Yokohama, Japan, pp. 82-83.
7. Concil for Agricultural Science and Technology (CAST). (1978) Feeding animal waste. Report No. 75. Council for Agricultural Science and Technology, Ames, IA, USA.
8. Chae, B. J., Choi, S. C., Kim, Y. G., Kim C. H., and Sohn, K. S. (2000) Effects of feeding dried food waste on growth and nutrient digestibility in growing-finishing pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **13**, 1304-1308.
9. Chung, J. C. (2001) Strategy for active recycling of food waste. *J. Kor. Solid Wastes Eng. Soc.* **18**, 22-29.
10. Choi, J. H., Han, Y. G. Min, B. J., Chen, Y. J., Kim, H. J., Yoo, J. S., Kim, J. W., and Kim, I. H. (2005) Effect of feeding rye silage on growth performance, blood and carcass characteristics in finishing pigs. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **25**, 449-457.
11. Ensminger, M. E., Oldfield, J. E., and Heinemann, W. W. (1990) Feed and Nutrition (second ed.), The Ensminger Publishing Company, Clovis, California, USA.
12. Fernandez, M. L. (1995) Distinct mechanisms of plasma LDL lowering by dietary fiber in the guinea pig: specific effects of pectin, guar gum and psyllium. *J. Lipid Res.* **36**, 2394-2404.
13. Fernandes, T. H., Smith, W. C., and Armstrong, D. G. (1979) The administration of sugar solutions to pigs immediately prior to slaughter. I. Effect on carcass yield and some muscle and liver characteristics. *Anim. Prod.* **29**, 213-221.
14. Fernandez, M. L., Wilson, T. A., Conde, K., Vergara-Jimenez, M., and Nicolosi, R. J. (1999) Hamsters and guinea pigs differ in their plasma lipoprotein cholesterol distribution when fed diets varying in animal protein, soluble fiber or cholesterol content. *J. Nutr.* **129**, 1323-1332.
15. Folch, J., Lee, M., and Sloan-Stanley, G. H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
16. Gallwey, W. J., Tarrant, P. V., and McMahon, P. (1977) Pigmeat quality and yield in relation to pre-slaughter sugar-feeding. *Irish. J. Food Sci. Technol.* **1**, 71-77.
17. Gierus, M. and Rocha, J. B. T. (1997) Forage substitution in a grainbased diet affects pH and glycogen content of semimembranosus and semitendinosus rabbit muscles. *J. Anim. Sci.* **75**, 2920-2923.
18. Goerl, K. F., Eilert, S. J., Mandigo, R. W., Chen H. Y., and Miller, O. S. (1995) Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels. *J. Anim. Sci.* **73**, 3621-3626.
19. Golueke, C. G. and Diaz, L. F. (1991) Inoculums and enzymes. In: The staff of BioCycle J. Waste Recycling, Editor, The Biocycle Guide to the Art and Science of Composting, The JG Press, Inc., Emmaus, Pennsylvania, USA
20. Hah, K. H., Lee, C. W., Jin, S. K., Kim, I. S., Song, Y. M., Hur, S. J., Kim, H. Y., Lyoo, H. J., and Ha, J. H. (2005). Effect of feeding probiotics on physico-chemical properties and sensory evaluation of prok. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **25**, 295-303.
21. Hamm, R. (1960). Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*, 10, 355.
22. Jin, S. K., Kim, I. S., Hur, I. C., Choi, S. Y., Yu, K. O., Kim, J. G., and Kang, S. N. (2009) Effect of feeding complex of wild chrysanthemum powder, probiotics and selenium on meat quality in finishing porks. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **29**, 114-120.
23. Jo, B. Y. (2001) Use and safety of feed containing food waste. Symposium on Establishment of Food Waste Recycling Policy. 2001.10.18. National Environment Research Institute, Seoul, Korea.
24. Karlsson, A. H., Henckel, P., and Andersson, M. (1997) Early estimation of ultimate pig meat quality. 48th annual meeting of the European Association for Animal Production (Vol. 3) (p.181), Vienna, Austria, 25-28 August.
25. Kim, H. Y., Song, Y. M., Jin, S. K., Kim, I. S., Kang, Y. S., Lee, S. D. Chowdappa, R. C., Ha, J. H., and Kang, S. M. (2006) The effect of change in meat quality parameters on pig Longissimus dorsi muscle by the addition of fermented persimmon shell diet. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **19**, 286-291.
26. Kim, K. S., Lim, J. C., Shin, M. S., Choi, Y. I., Lee, S. C., and Cho, S. K. (2008) Effect of dietary combined probiotics(Any-Lac, R) supplementation contained with *Phaffiarhodomyces* on the growth performances and meat quality of pigs. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **50**, 656-666.
27. Korean Feed Management Regulation (2001) Range and standard of hazardous feed. Ministry of Agriculture and For-

- estry Notice No. 2001-61, 2001.10.5, Korea.
28. Lauridsen, C., Nielsen, J. H., Henckel, P., and Sorensen, M. T. (1999) Antioxidative and oxidative status in muscles of pigs fed rapeseed oil, vitamin E, and copper. *J. Anim. Sci.* **77**, 105-115.
 29. Leheska, J. M., Wulf, D. M., Clapper, J. A., Thaler, R. C., and Maddock, R. J. (2002) Effects of high-protein/low-carbohydrate swine diets during the final finishing phase on pork muscle quality. *J. Anim. Sci.* **80**, 137-142.
 30. Lindahl, G., Enfa[™] It, A. C., Andersen, H. J., Lundström, K. (2006) Impact of RN genotype and storage time on colour characteristics of the pork muscles longissimus dorsi and semimembranosus. *Meat Sci.* **74**, 746-755.
 31. Liu, S., Stampfe, M. J., Hu, F. B., Giovannucci, E., Rimm, E., and Manson, J. E. (1999) Whole-grain consumption and risk of coronary heart disease: results from the Nurses' Health Study. *Am. J. Clin. Nutr.* **70**, 412-419.
 32. Mason, V. C. (1984) Metabolism of nitrogen compound in the large gut [Emphasis on recent findings in the sheep and pig]. *Proc. Nutr. Soc.* **43**, 45-52.
 33. McDonagh, M. B., Fernandez, C., and Oddy, V. H. (1999) Hind-limb protein metabolism and calpain system activity influence post-mortem change in meat quality in lamb. *Meat Sci.* **52**, 9-18.
 34. Nam, B. S., Chung, I. B., Kim, Y. H., Moon, H. K., Kim D. H., Hur, S. M., Bae, I. H., and Yang, C. H. (2000) Effect of recycled food waste on the growth performance and carcass characteristics in growing-finishing pigs. *Korean J. Anim. Sci. Technol.* **42**, 279-288.
 35. Noshiro, M. and Okuda, K. (1990) Molecular cloning and sequence analysis of cDNA encoding human cholesterol 7 α -hydroxylase. *FEBS Lett.* **268**, 137-140.
 36. Park, H. Y., Park, K. K., Jung Y. C., Lee, E. S., and Yang S. Y. (2004) Effect of feeding fermented food wastes on consumer acceptability on pork belly. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **24**, 386-392.
 37. Ramsey, C. B., Tribble, L. F., Wu, C., and Lind, K. D. (1990) Effects of grains, marbling and sex on pork tenderness and composition. *J. Anim. Sci.* **68**, 148-159.
 38. Lapachet, R. A. B., Miller, W. C., and Arnall, D. A. (1996) Body fat and exercise endurance in trained rats adapted to a high-fat and/or high-carbohydrate diet. *Appl. Physiol.* **80**, 1173-1179.
 39. Rosenvold, K. H., Laerke, H. N., Jensen, S. K., Karlsson, A. H., Lundstrom, K., and Andersen, H. J. (2002) Manipulation of critical quality indicators and attributes in pork through vitamin E supplementation, muscle glycogen reducing finishing feeding and pre-slaughter stress. *Meat Sci.* **62**, 485-496.
 40. Rosenvold, K., Esse'n-Gustavsson, B., and Andersen, H. J. (2002a). Dietary manipulation of pro- and macroglycogen in porcine skeletal muscle. *J. Anim. Sci.* **81**, 130-134.
 41. Rosenvold, K., Petersen, J. S., Lærke, H. N., Jensen, S. K., Therkildsen, M., Karlsson, A. H., Møller, H. S., and Andersen, H. J. (2001a). Muscle glycogen stores and meat quality as affected by strategic finishing feeding of slaughter pigs. *J. Anim. Sci.* **7**, 382-391.
 42. Rosenvold, K., Esse'n-Gustavsson, B., and Andersen, H. J. (2003) Dietary manipulation of pro- and macroglycogen in porcine skeletal muscle. *J. Anim. Sci.* **81**, 130-134.
 43. Rosenvold, K., Lærke, H. N., Jensen, S. K., Karlsson, A. H., Lundström, K., and Andersen, H. J. (2001b). Strategic finishing feeding as a tool in the control of pork quality. *Meat Sci.* **59**, 397-406.
 44. SAS. (1999) SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, USA.
 45. Sasaki, K., Nishioka, T., Ishizuka, Y., Saeki, M., Kawashima, T., Irie, M., and Mitsumoto, M. (2007) Comparison of sensory traits and preferences between food co-product fermented liquid (FCFL)-fed and formula-fed pork loin. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **20**, 1272-1277.
 46. Sayre, R. N., Briskey, E. J., and Hoekstra, W. G. (1963) Comparison of muscle characteristics and post-mortem glycolysis in three breeds of swine. *J. Anim. Sci.* **22**, 1012-1020.
 47. Shields, R. G., Mahan, D. C., and Graham, P. L. (1983) Changes in swine body composition from birth to 145 kg. *J. Anim. Sci.* **57**, 43-58.
 48. Shuler, R. O., Pate, T. D., Mandigo, R. W., and Lucas, L. E. (1970) Influence of confinement, floor structure and slaughter weight on pork carcass characteristics. *J. Anim. Sci.* **31**, 31-45.
 49. So, M. H. (1999) Current drive and counterplan for recycling of food waste as animal feed. Symposium on Recycling of Food Waste as Feed, 1999. 7. 2., National Livestock Research Institute, Suwon, Korea.
 50. Tikk, K., Tikk, M., Karlsson, A. H., and Andersen, H. J. (2006) The effect of a muscle-glycogen-reducing finishing diet on porcine meat and fat colour. *Meat Sci.* **73**, 378-385.
 51. Turley, S. D., Daggy, B. P., and Dietschy, J. M. (1991) Cholesterol lowering action of psyllium mucilloid in the hamster: sites and possible mechanisms of action. *Metabolism* **40**, 1063-1073.
 52. US Congress. (1980) Swine Health Protection Act. Public Law 96-468, USA.
 53. van der Wal, P. G., Bolink, A. H., and Merkus, G. S. M. (1988) Differences in quality characteristics of normal, PSE and DFD pork. *Meat Sci.* **24**, 79-84.
 54. Westendorf, M. L. (2000) Food waste as animal feed: An introduction, Food Waste to Animal Feed, Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA.
 55. Zanardi, E., Novelli, E., Nanni, N., Ghiretti, G. P., Del Bono, G., and Campanini, G. (1998) Oxidative stability and dietary treatment with vitamin E, oleic acid and copper of fresh and cooked pork chopper. *Meat Sci.* **49**, 309-317.

(Received 2009.11.17/Revised 1st 2010.6.8, 2nd 2010.8.1, 3rd 2010.8.9/Accepted 2010.8.26)