

식이유황(硫黃)을 급여한 돈육 등심의 저온저장 중 품질특성 변화

이정일* · 민형규¹ · 이진우 · 정재두 · 하영주 · 곽석준 · 박정석

경상남도 축산진흥연구소, ¹산청군 농업기술센터

Changes in the Quality of Loin from Pigs Supplemented with Dietary Methyl Sulfonyl Methane during Cold Storage

Jeong Ill Lee*, Hyoung Kyu Min¹, Jin Woo Lee, Jae Doo Jeong, Young Joo Ha, Suk Chun Kwack, and Jeong Suk Park

Livestock Promotion Research Institute, Gyeongnam Province, Sancheong-gun 666-962, Korea
¹Agricultural Technology Center, Sancheong-gun 666-805, Korea

Abstract

This study was conducted to compare the quality of the pork from finishing pigs that were fed diets containing different levels of methyl sulfonyl methane (MSM). A total of 135 crossbred pigs (Landrace×Yorkshire×Duroc) were fed either with a control commercial diet or the control diet supplemented with 300- and 500-ppm MSM for 158 d. The pigs were slaughtered at approximately 110 kg live weight and were transported to the local slaughterhouse for electrical stunning followed by exsanguination. After the slaughter, the pork muscles were dissected from each carcass, placed in wrap package bags, and stored for 8 d at 4°C. The TBARS values of the pigs that were fed MSM diets were significantly lower ($p<0.05$) compared with those of the pigs that were fed with non-supplemented diets. The Na, Mg, and Ca contents of the dietary MSM were significantly lower ($p<0.05$) than those of the non-supplemented diets, but the Fe, Cu, and Zn contents of the dietary MSM were significantly higher ($p<0.05$) than those of the non-supplemented diets, and the increased level of MSM supplementation resulted in higher sulfur contents. There was no difference among the diets in terms of amino acid content. The dietary supplementation with MSM, however, led to increased saturated fatty acid and decreased unsaturated fatty acid (%) in the pork muscles ($p<0.05$). The sensory panelists recorded greater marbling and overall acceptability scores in the samples with 500-ppm-MSM dietary supplementation ($p<0.05$). These data suggest that supplementing pig diets with MSM can improve the quality of the pork and can enhance the eating quality because the sensory panels found that the pork from pigs that were fed an MSM-supplemented diet had better sensory characteristics.

Key words : methyl sulfonyl methane (MSM), pork loin, quality, fatty-acid composition

서 론

예로부터 유황은 동·서양은 막론하고 여러 질병의 치료제로 쓰여 왔다(Total Health, 1998). 서양의학에서는 의약품으로 국부 자극제, 변비, 치질 등에 이용하였으며, 동양의학에서는 그 독성을 완전히 제거한 후 사용하면 기를 보호하고 근골을 튼튼히 하며 양기를 보호한다고 하였다(허, 1994). 그러나 유황은 인체에 직접적으로 투여될 경우 독성이 강하여 부작용을 초래하는 것이 일반적이다. 따라서 현재는 FDA에서 승인하여 미국 등지에서 독성이 전

혀 없는 천연 식이유황을 식물로부터 추출해서 건강보조 식품용으로 널리 사용되고 있다.

천연 식이유황(MSM, methylsulfonylmethane)은 모든 살아 있는 유기체에서 발견되어지는 유기 유황의 자연 형태이며 식물에서 추출해낸 무독성 천연 물질로서 화학분자식은(CH₂)₂SO₂이다. 식이유황은 34%의 황을 함유하는 dimethyl sulfoxide(DMSO)의 산화대사 산물로 자연적 유기형태의 생체 이용 가능한 황이며, 특히 우유(3.3 ppm), 커피(1.6 ppm), 토마토(0.86 ppm), 옥수수(0.11 ppm) 및 알팔파(0.07 ppm) 등에 함유되어 있다(Pearson *et al.*, 1981). Silva Ferrira 등(2003)도 MSM은 과일, 야채, 곡식과 음료 등 다양한 식품에 포함되어 있으며 자연적으로 발생 가능한 유기 황을 함유한 화합물이라고 하였다. MSM은 동물의 조직(Imanaka *et al.*, 1985)과 사람에게서도 발견되었다

*Corresponding author : Jeong Ill Lee, Livestock Promotion Research Institute, Sancheong 666-962, Korea. Tel: 82-55-211-6523, Fax: 82-55-211-6511, E-mail: leeji@feelgn.net

(Engelke *et al.*, 2005; Williams *et al.*, 1966). 최근에 MSM은 사람의 건강 증진, 관절염과 류머티즘 고통을 줄이기 위해 건강보조식품으로 널리 사용되고 있다(Hasegawa *et al.*, 2004; Kim *et al.*, 2006). MSM은 체내에서 빠르게 배설되며, 쥐를 대상으로한 독성시험에서는 90일 동안 1.5-2.0 g/kg 급여하여도 문제가 발생되지 않았다고 하였다(Magnuson *et al.*, 2007; Otsuki *et al.*, 2002). MSM은 유기 형태의 유황을 공급해줄 수 있는 가장 이상적인 물질로서 여러 가지 질병을 치료하는데 효능이 있다. 머리카락과 손톱, 발톱에 영양을 공급함은 물론 기생충과 싸우고 알레르기를 깨끗하게 하며, 피부의 해독작용, 근육농과 근육경련의 완화, 위산과다 예방, 스트레스 완화, 당뇨병 예방, 소화 계통의 문제들을 해결하고 관절염의 통증을 완화시켜 주며(Lawrence, 1998), 황 함유 아미노산인 methionine·cysteine·taurine 형성 등에도 많은 기능을 가지고 있다(Total Health, 1998). MSM은 정상적인 음식에서 발견되는 자연 영양소이며 대개의 척추동물에서 발견되는 유황 합성 물질이다. 현재 국내에서는 기능성 오리육을 생산하기 위해 유황과 한약재를 섞은 사료로서 유황오리를 사육하고 있으나 유황오리에 관한 연구는 아직까지 미약한 실정이고, 돼지에게 식이유황을 급여할 실험은 최근에 연구가 조금씩 이루어지고 있는 실정이다.

따라서 본 연구에서는 인체에서 여러 질병의 치료 목적과 식품용으로 사용되고 있는 천연 식이유황을 자돈에서부터 비육 출하시까지 사료에 첨가수준을 달리하여 급여한 후 도축하여 유황성분이 축적된 돈육의 품질특성을 조사하고자 실시하였다.

재료 및 방법

공시동물, 급여사료 및 사양관리

산청군 소재 시험농장에서 사육중인 3원교잡종(Landrace×Yorkshire)×Duroc] 135두를 각 처리구 마다 45두씩(돈방당 15두) 배치하였으며, 돈사구조는 개방식 돈사이고 돈방 바닥재는 콘스랏으로 돈분은 해양투기 하였다. 사료급여 방법은 75 kg 사료가 들어갈 수 있는 원형사료 급여기를 사용하여 습식으로 자유 급식시켰으며, 급수방법은 사료통에 부착되어 있는 니뿔을 이용하여 자유롭게 급수하였다. 사료변화에 대한 적응기간을 두기 위하여 유황이 첨가된 사료의 순치 기간을 3일간 실시하였다. 유황 급여시험에서 대조구는 출하체중 110 kg까지 유황을 첨가하지 않고, 처리구 1은 자돈 6.3 kg(자돈 30일령)에서부터 유황을 300 ppm 첨가, 처리구 2는 자돈 6.3 kg(자돈 30일령) 유황을 500 ppm을 일반사료에 첨가하여 급여하였다. 본 시험에 사용된 사료의 조성은 Table 1과 같으며, 첨가되는 유황은 미국 FDA에서 승인한 MSM(50,000/원 kg)을 수입하여 사

Table 1. Ingredients and chemical composition of basal diet for feeding trial

Items	Basal diets for			
	Growing pig		Finishing pig	
	Early periods	Late periods	Early periods	Late periods
Ingredients (%)				
Yellow corn	47.57	58.90	67.32	69.25
Soybean meal	31.20	30.85	23.60	14.68
Wheat bran	-	-	-	5.65
Wheat	10.00	-	-	-
Wheat flour	3.00	-	-	-
Rapeseed meal	-	-	-	3.00
Limestone	0.49	0.74	0.43	1.00
Tricalcium phosphate	1.59	1.39	1.92	0.84
Salt	0.10	0.25	0.30	0.30
Vitamin ¹⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Mineral ²⁾	0.10	0.10	0.10	0.10
Animal fat	4.70	4.47	2.16	1.00
Molasses	0.50	3.00	4.00	4.00
L-Lysine HCl	0.20	0.10	0.07	0.08
DL-Methionine	0.15	-	-	-
Antibiotic	0.30	0.10	0.00	0.00
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Chemical composition				
Crude protein (%)	19.50	18.50	16.00	14.00
Lysine (%)	1.20	1.10	0.90	0.75
Methionine (%)	0.36	0.33	0.27	0.23
DE (kcal/kg)	3,515.00	3,500.00	3,400.00	3,300.00

¹⁾Vitamin: vit A, 4,000 IU; vit D₃, 800 IU; vit E, 15 IU; vit K₃, 2 mg; thiamin, 8 mg; riboflavin, 2 mg; vit B₁₂, 16 mg; pantothenic acid, 11 mg; niacin, 20 mg; biotin, 0.02 mg.

²⁾Mineral: Cu, 130 mg; Fe, 175 mg; Zn, 100 mg; Mn, 90 mg; I, 0.3 mg; Co, 0.5 mg; Se, 0.2 mg.

용하였다.

시험설계

유황 급여수준을 달리하여 3 처리구로 설정하였으며, 대조구는 출하시(체중 : 110 kg)까지 시중에 판매되고 있는 배합사료를 급여, 처리구 1은 사료함량에 유황 300 ppm을 개시체중 6.3 kg부터 종료체중인 110 kg까지 158일간 급여, 처리구 2는 유황을 500 ppm 첨가하여 개시체중 6.3 kg부터 종료시 체중인 110 kg까지 158일간 급여하였다. 급여기간이 끝난 후 일괄적으로 도축하여 돈육의 등심부위(5번 늑골-3번 요추사이)를 발골·정형하여 처리구당 개체 5반복하여 wrap으로 합기포장한 후 냉장온도(4°C)에서 2, 4, 6 및 8일간 저장하면서 지방산화, 관능적 특성분석, 미네랄 함량, 아미노산 조성 및 지방산 조성 등을 조사하여 유황 성분이 축적된 돈육의 저장기간에 따른 품질 특성을 규명하고자 실시하였다.

조사항목 및 분석방법

지방산화

Beuge와 Aust(1978) 등의 방법을 이용하여 신선육의 산화 정도는 시료 5 g에 butylated hydroxyanisole(BHA) 50 μ L와 증류수 15 mL를 가해 polytron homogenizer(IKA laborotechnik T25-B, Malaysia)로 14,000 rpm에서 30초간 균질화시킨 후 균질액 1 mL를 시험관에 넣고, 단백질 침전을 위하여 첨가되는 TBA/TCA 혼합용액 제조는 thiobarbituric acid(TBA) 2.883 g을 증류수 100 mL에 녹이고(a), trichloroacetic acid(TCA) 시약은 증류수 750 mL에 완전히 녹인(b) 다음, a+b가 1000 mL 되도록 증류수를 첨가하였다. TBA/TCA 혼합용액 2 mL 넣어 완전히 혼합한 다음, 90°C의 항온수조에서 15분간 열처리한 후 냉각시켜 3,000 rpm에서 10분간 원심분리시켰다. 원심분리한 sample의 상층을 회수하여 spectrophotometer(Model Genesys 5, Spectronic, U.S.A.) 531 nm에서 흡광도를 측정했다.

$$\text{TBARS 값} = \text{흡광도 수치} \times 5.88$$

관능평가

관능검사는 잘 훈련된 관능검사요원 11명을 선발하여 각 시험구별로 9점 척도법으로 관능검사를 실시하였다. 신선육의 관능적 특성평가는 냉장 보관중인 시료를 포장지를 제거하고 실온에서 20분간 방치시킨 후, 관능검사를 실시하였는데, 육색은 표면에 나타난 육색의 정도, 육즙감량은 표면에서 삼출되는 수분의 양, 마블링 스코어(marbling score)는 근내 지방함량 정도, 향은 풍미의 정도 그리고 전체적인 기호성은 종합적인 느낌의 정도를 표현한 것이다. 마블링 스코어는 대조구를 5점으로 기준하여 각 처리구마다 상대적인 평가를 하여 얻어진 값이다.

무기물 분석

항량까지 건조시킨 원료육을 0.5 g kjeldahl flask에 넣고 H₂SO₄:HNO₃(1:2)를 10 mL 가한 후 분해시킨다. 분해가 끝나면 상온에서 방냉시킨 후 회석한다. 1차로 일정한 비율로 회석하고 그 액을 Whatman No. 6으로 여과한다. 그런 다음 최종 volume을 100 mL로 맞춘다. 분석은 ICP spectrometer(OPTIMA 4300DV/5300DV, Perkin Elmer)를 이용하여 Na, K, Mg, Ca, Zn, Fe, Cu, Mn, P 및 S 함량을 분석하였다.

$$\text{ICP 수치} \times \text{회석배수} = \text{무기물 함량(ppm)}$$

아미노산 함량

아미노산 분석은 Mason(1984)의 방법에 따라 분쇄된 시료 0.1 g에 6 N-HCl 10 mL을 첨가한 후 앰플병에 넣어 24

시간 동안 110±1°C에서 incubation시킨 후 여과하였다. 염소 가스를 제거시키기 위해 100°C의 water bath에서 건조를 시켰다. 그런 다음 sodium citrate buffer(pH 2.2) 25 mL를 첨가하였다. 그리고 membrane filter(0.2 μ m)로 filtering시킨 후 아미노산 자동분석기(Pharmacia Biotech Biochrom 30, UK)로 분석하였다.

<계산공식>

시료(S1)×mg을 산 가수분해하여 가열 건조시킨 후, Y mL의 sodium citrate(pH 2.2)에 용해시켜 Z mL을 loading 하였을 경우,

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

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

$$B(\text{회석배수}) = (1000/X) \times (Y/Z)$$

지방산 조성

지질 추출은 Folch 등(1957)의 방법으로 chloroform과 methanol로 추출하였다. 시료 25 g에 Folch 용액(CHCl₃:MeOH = 2:1) 180 mL와 BHA 500 μ L를 넣고 균질기(2,500 rpm)로 1분간 균질화시킨 다음 0.08% NaCl 50 mL을 첨가하여 30초간 흔들어서 혼합한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심분리 시켰다. 상층은 aspiration을 통하여 제거하고 하층은 funnel filter paper에 sodium anhydrous sulfate를 첨가하여 filtering 하였다. 추출물은 rotary evaporator에서 농축시키고 N₂하에서 남은 용매를 제거하였다. 메틸레이션은 Folch 등(1957)의 방법으로 추출한 지질 80 mg을 screw-capped test tube에 넣고 질소충전 하에서 용매를 제거한 후 0.5 N NaOH(in methanol) 1 mL을 넣고 90°C에서 7분 동안 가수분해시킨 다음 실온(22°C)에서 5분 동안 냉각시켰다. 유리 지방산은 14% boron trifluoride 1 mL을 첨가하여 90°C에서 10분간 methylation 시킨 후 30분간 실온에서 냉각시켰다. Hexane 2 mL과 증류수 2 mL을 넣고 GC 분석을 위하여 상층에서 1 mL을 회수하여 GC로 분석전까지 냉동고에서 보관하였다.

Gas chromatographic analysis

Total fatty acid의 함량을 구하기 위해 회수한 sample 0.5 μ L를 split injection port에 injection 하였고 이때의 GC 조건은 Table 2와 같다.

통계분석

본 실험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS(Statistical Analysis System, 1999)를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리 평균간의 유의성 검정($p < 0.05$)은 Duncan의 다중검정법(multiple range test, Snedecor and Cochran, 1980)으로 처리구간에 유의적인 차이를 비교하였다.

Table 2. GC conditions for analysis of total fatty acid compositions

Items	Conditions
Instrument	Hewlett Packard 6890 Gas chromatography
Column	Supelcowax TM 10 fused silica capillary column 60 m × 0.32 i.d
Detector	Flame Ionization Detector (FID)
Initial temperature	50°C
Initial time	1 min
Final temperature	200°C
Final time	40 min
Injector temperature	250°C
Detector temperature	250°C
Oven temperature	180°C (6 min hold) → 5°C/min climb, 220°C (2 min hold) → 2°C/min climb, 240°C (20 min hold)
Carrier gas	N ₂
Split ratio	10 : 1

결과 및 고찰

유황 급여수준이 돈육 등심의 지방산화(TBARS)에 미치는 영향

유황을 급여하여 비육시킨 돈육의 등심부위를 함기포장하여 냉장온도(4°C)에서 8일간 저장하면서 경시적인 지방산화 변화를 비교한 결과는 Table 3과 같다.

생체나 식품 중에 존재하는 불포화지방산은 쉽게 산화되어 hydroperoxide 등 과산화물을 생성하여 단백질과 DNA에 손상을 주어 돌연변이 및 발암을 유발하며, 동맥경화와 노화를 촉진하여, 식품의 품질을 저하시킨다. 또한 육과 육제품의 산패에 따른 TBARS의 생성은 부패취의 생성과 밀접한 관계가 있어 TBARS의 함량은 신선도를 평가하는 지표가 되고 있다(高坂和久, 1975). 유황 급여수준을 달리하여 생산된 돈육 등심의 지방산화 정도를 비교한 결과 전 저장기간 동안 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 낮은 지방산화를 보였으며, 특히 저장 4일에는 유황 500 ppm 급여 처리구가 대조구와 유황 300 ppm 급여 처리구에 비하여 유의적으로 낮은 지방산화를 보였으며 ($p < 0.05$), 저장 말기인 8일째에는 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 유의적으로 낮은 지방산화를 보였다($p < 0.05$). 저장기간에 따른 비교에서는 모든 처리구가 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 지방의 산화는 1차 산화생성물질인 hydroperoxide가 최종 분해산물

인 케톤, 알코올, 카아보닐 화합물 및 알데하이드 등을 생성하기 때문인데, 특히 알데하이드는 이취를 생성하는 물질로 알려져 있다. Du 등(2000)은 저장기간이 경과함에 따라 계육 패티의 TBARS 값이 상승한다는 보고와 일치하였고, 이는 저장기간 동안 지질산화의 진행에 의한 것이라고 보고하였다. 전체적으로 유황 급여가 돈육의 지방산패를 억제하여 저장 시 저장기간을 연장시킬 수 있을 것으로 사료된다.

유황 급여수준이 돈육 등심의 관능적 특성에 미치는 영향

유황을 급여하여 비육시킨 돈육의 등심부위를 함기포장하여 냉장온도(4°C)에서 8일간 저장하면서 경시적인 관능검사 변화를 비교한 결과는 Table 4와 같다.

유황 급여수준이 신선육 관능검사 평가항목중인 육색에 미치는 영향을 조사한 결과 전 저장기간 동안 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 높은 육색을 보였으며, 저장 초기인 2일에는 대조구에 비하여 유황급여 처리구가 유의적으로 높은 육색을 보였다($p < 0.05$). 저장기간 경과에 따른 비교에서 모든 처리구가 저장기간이 경과하여도 유의적인 차이가 없었다. Jang 등(2006)은 관능검사 항목 중 신선 육색은 유황 급여 처리구가 대조구에 비하여 유의적으로 낮다고 보고하였는데($p < 0.05$), 본 연구에서는 대조구가 유황 급여 처리구에 비하여 유의적으로 낮은 반대의 결과를 보였다. 보통 육질의 평가는 육즙삼출, 육색, 조직

Table 3. Changes in TBARS (mg MDA/kg) of pork loin from pigs fed methylsulfonylmethane (MSM) during cold storage at 4°C

Treatments ¹⁾	Storage (d)			
	2	4	6	8
CON	0.094±0.011 ^c	0.110±0.010 ^{Abc}	0.126±0.018 ^b	0.210±0.030 ^{Aa}
MSM 300	0.076±0.011 ^c	0.103±0.005 ^{Ab}	0.104±0.013 ^b	0.174±0.015 ^{Ba}
MSM 500	0.078±0.016 ^c	0.088±0.008 ^{Bc}	0.114±0.018 ^b	0.170±0.002 ^{Ba}

¹⁾ CON: The pig fed with commercial feed (100%), MSM 300: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 300 ppm for 158 d, MSM 500: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 500 ppm for 158 d.

^{AB} Means with different superscript in the same column are significantly differ at $p < 0.05$.

^{abc} Means with different superscript in the same row are significantly differ at $p < 0.05$.

Table 4. Changes in sensory characteristics of pork loin from pigs fed methylsulfonylmethane (MSM) during cold storage at 4°C

Treatments ¹⁾		Storage (d)			
		2	4	6	8
Color	CON	4.50±0.58 ^B	5.50±1.00	5.75±0.96	5.00±0.82
	MSM 300	6.75±0.82 ^A	6.25±0.50	7.25±0.96	6.00±1.41
	MSM 500	7.50±0.58 ^{Aa}	5.50±1.29 ^b	6.50±1.00 ^{ab}	5.75±1.26 ^b
Drip loss	CON	5.50±1.73 ^A	4.25±0.50	5.00±1.63	4.25±0.50
	MSM 300	3.00±0.82 ^B	4.50±1.29	3.75±1.26	3.50±0.58
	MSM 500	3.50±1.00 ^B	3.50±1.73	4.00±1.63	3.75±0.50
Marbling score	CON	5.00±0.00 ^C	5.00±0.00 ^C	5.00±0.00 ^B	5.00±0.00
	MSM 300	6.50±0.58 ^{Bab}	6.25±1.26 ^{ABab}	7.25±0.50 ^{Aa}	5.75±0.96 ^b
	MSM 500	7.50±0.58 ^A	7.25±1.71 ^A	7.75±0.50 ^A	6.50±1.29
Aroma	CON	4.25±1.26	4.25±1.50	5.00±1.63	4.50±1.73
	MSM 300	4.75±1.89	4.75±1.50	6.00±1.41	4.75±1.50
	MSM 500	5.25±1.71	4.00±1.63	6.00±0.82	5.00±1.41
Accept- ability	CON	4.25±0.96 ^B	5.50±0.58 ^B	5.25±0.96 ^B	5.50±0.58 ^B
	MSM 300	7.00±0.82 ^A	6.00±1.15 ^{AB}	7.25±1.26 ^A	6.25±0.96 ^{AB}
	MSM 500	7.75±0.50 ^A	7.50±1.29 ^A	7.75±0.96 ^A	7.00±0.82 ^A

¹⁾ CON: The pig fed with commercial feed (100%), MSM 300: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 300 ppm for 158 d, MSM 500: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 500 ppm for 158 d.

^{AB} Means with different superscript in the same column are significantly differ at $p<0.05$.

^{abc} Means with different superscript in the same row are significantly differ at $p<0.05$.

감 및 근내지방도에 의해 결정된다. 이러한 특성들 가운데 소비자들은 육색으로 식육을 선택하는데 있어 가장 중요시 하고 있다. 육색은 pH에 따라 다르며 특히 육색소와 산소와의 반응정도와 효소 활동이 육색변화에 가장 큰 영향을 미치는 것으로 알려져 있다(Lawrie, 1985). 육즙감량에서 대조구와 유통 급여 처리구간의 비교에서는 대조구에 비하여 유통 급여 처리구가 낮은 육즙감량을 보였으며, 특히 저장 2일에는 대조구에 비하여 유통 급여 처리구가 유의적으로 낮은 육즙감량을 보였다($p<0.05$). 저장기간의 경과에 따른 변화에서는 모든 처리구 간 유의적인 차이가 없었다. 소비자들의 신선육 구매실태 조사에서 포장육을 선택할 때 육즙 유출액의 존재 유·무에 따라 선택여부를 가린다는 주부가 47%로 나타난 것과 같이 구매기호 자체에 영향을 미치는 요인이 되는 것으로 보고되었다(Kim and Lee, 1986). 등심근 내에 지방의 침착 정도를 판단하는 마블링 스코어는 전 저장기간 동안 대조구에 비하여 유통 급여 처리구가 유의적으로 높은 근내지방 함량을 보였으며, 처리구별로는 대조구 < 유통 300 ppm 급여 처리구 < 유통 500 ppm 급여 처리구 순으로 근내지방 함량이 높은 것으로 나타났다. Jang 등(2006)의 연구결과에서도 대조구에 비하여 유통 급여 처리구가 높은 근내지방 함량을 보였다고 하였다. 저장기간의 경과에 따른 근내지방 함량 변화에서는 모든 처리구가 유의적인 차이가 없었다. 일반적으로 근내지방이 관능적 특성에 영향을 주는 기작에 대한 이론은 아직 정립되지 않았으나, 여러 연구결과들에서 몇 가지 가능한 요인들이 보고되고 있다. 지방 세포의

분화 및 성장이 결체조직 사이에서 일어나므로(Nishimura et al., 1999), 육내 결체조직 수가 상대적으로 줄어들고 씹힘 작용에서 유통작용과 침샘을 자극하여(Thompson, 2001) 다즙성이 높은 느낌을 받게 한다고 믿어지고 있다. 향기는 전 저장기간 동안 대조구에 비하여 유통급여 처리구가 다소 높은 값을 보였으나 유의적인 차이는 없었다. 저장기간의 경과에 따른 변화에서는 모든 처리구가 저장기간이 경과하여도 향기에는 변화가 없는 것으로 나타났다. 전체적인 기호성 평가에서는 대조구에 비하여 유통 급여 처리구가 유의적으로($p<0.05$) 높은 평가를 받았으며, 유통 급여 처리구 간에는 유통 급여수준이 증가할수록 높은 평가를 받는 경향이였다. 저장기간에 따른 품질상의 변화가 없어 전체적인 기호성에는 영향을 미치지 않았다. 고기의 관능적 품질은 소비자가 고기를 재 구매하는데 강한 영향을 미치기 때문에 고기의 전체 품질 중 중요한 부분 중 하나이며, 관능적 품질 중 연도가 가장 중요한 특성으로 여겨지고 있다. 신선육 관능검사를 종합하여 보면 육안적으로 측정하는 육색에서는 유통 급여로 육색이 좋아지는 결과를 보였으며, 또한 육즙감량, 마블링 스코어, 전체적인 기호성에서도 높은 평가를 받아 소비자가 만족할 수 있는 고품질 돈육 생산이 가능할 것으로 사료된다.

유통 급여수준에 따른 무기물 함량 변화

유통을 급여하여 비육시킨 돈육 등심부위의 무기물 함량 변화를 비교한 결과는 Table 5와 같다.

유통 급여수준이 돈육 등심의 무기물 함량에 미치는 영

Table 5. Changes in mineral content of pork loin from pigs fed methylsulfonylmethane (MSM)

Treatments ¹⁾	Mineral (ppm)									
	Na	Mg	K	Ca	Mn	Fe	Cu	Zn	P	S
CON	520.33 ±111.77 ^A	24346.67 ±246.85 ^A	253.87 ±154.30	136.85 ±14.01 ^A	44.16 ±2.99	1759.94 ±173.52 ^B	7.32 ±2.46 ^B	24.83 ±3.84 ^B	7708.95 ±796.30	6701.76 ±447.10 ^B
MSM 300	422.07 ±80.25 ^A	23986.67 ±1137.78 ^A	286.20 ±9.70	120.03 ±6.07 ^{AB}	45.25 ±11.90	3494.21 ±337.68 ^A	11.99 ±1.01 ^A	45.69 ±5.82 ^A	8688.95 ±1013.19	7175.09 ±22.12 ^{AB}
MSM 500	196.53 ±15.00 ^B	21493.33 ±122.20 ^B	208.80 ±2.84	109.76 ±1.40 ^B	33.89 ±1.47	3406.21 ±25.17 ^A	12.41 ±0.64 ^A	47.39 ±0.44 ^A	7519.62 ±141.53	7623.76 ±92.59 ^A

¹⁾ CON: The pig fed with commercial feed (100%), MSM 300: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 300 ppm for 158 d, MSM 500: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 500 ppm for 158 d.

^{AB} Means with different superscript in the same column are significantly differ at $p < 0.05$.

향을 조사한 결과인데, 무기물 중 K, Mn, P의 함량은 대조구와 유황 급여 처리구간에 유의적인 차이가 없어 유황 급여가 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 무기물 중 Na, Mg 및 Ca 함량 변화는 유황 급여로 인하여 많은 영향을 미친 것으로 나타났으며, 대조구에 비하여 유황 500 ppm 처리구는 Na, Mg 및 Ca 함량이 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). Fe, Cu 및 Zn 함량은 유황 급여수준이 많은 영향을 미쳤는데, 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 유의적으로 높은 함량을 보였다($p < 0.05$). 유황 급여 300 ppm와 500 ppm 처리구간에는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. S 함량은 대조구에 비하여 유황 300 ppm 급여 처리구는 높은 함량을 보였지만, 유황 500 ppm 급여 처리구는 유의적으로 높은 함량을 보였다. 이와 같은 결과는 급여되는 황성분이 체내에 축적이 가능하며, 축적량도 급여수준이 증가할수록 증가한다는 결과를 보였다. MSM의 안전성은 최근 많은 연구들에서 평가되었으며, 실험용 쥐에게 90일간 매일 증류수에 MSM 1500 ppm을 경구 급여하여도 아무런 영향을 미치지 않았다고 보고 하는 등 안전성을 입증하였다(Horvath *et al.*, 2002). 전체적으로 고찰하여 보면 급여되는 유황이 체내 미네랄 함량에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

유황 급여수준에 따른 아미노산 조성 변화

유황을 급여하여 비육시킨 돈육 등심부위의 아미노산 조성 변화를 비교한 결과는 Table 6과 같다.

유황 급여수준이 돈육 등심의 아미노산 함량에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 모든 처리구에서 glutamic acid 함량이 가장 많았고, 다음으로 aspartic acid, lysine, leucine 순으로 함량이 분석되었다. 이와 같은 결과는 Cho 등(2007)이 수행한 재래돼지의 성별에 따른 육질, 영양학적 조성 및 관능특성 비교 연구에서 조사한 아미노산 함량의 결과와 일치하였다. Aspartic acid, threonine, glutamic acid, proline, glycine, isoleucine, leucine, tyrosine, histidine, arginine 함량은 대조구와 유황 급여 처리구간에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 유황 급여로 아

Table 6. Changes in amino acid (mg/g) of pork loin from pigs fed methylsulfonylmethane (MSM)

Amino acid	Treatments ¹⁾		
	CON	MSM 300	MSM 500
Aspartic acid	1.91±0.09	1.76±0.11	1.87±0.11
Threonine	0.87±0.05	0.78±0.04	0.86±0.05
Serine	0.71±0.03 ^{AB}	0.66±0.03 ^B	0.73±0.04 ^A
Glutamic acid	3.31±0.13	3.02±0.17	3.27±0.19
Proline	0.78±0.02	0.72±0.06	0.73±0.06
Glycine	0.93±0.03	0.85±0.09	0.89±0.07
Alanine	1.17±0.03 ^A	1.05±0.06 ^B	1.13±0.07 ^{AB}
Valine	1.03±0.06 ^A	0.93±0.04 ^B	1.03±0.05 ^A
Isoleucine	1.01±0.05	0.94±0.10	1.00±0.06
Leucine	1.63±0.08	1.47±0.08	1.63±0.08
Tyrosine	0.69±0.03	0.62±0.04	0.68±0.04
Phenylalanine	0.80±0.05 ^A	0.73±0.04 ^B	0.79±0.03 ^{AB}
Histidine	0.70±0.04	0.64±0.03	0.69±0.03
Lysine	1.65±0.07 ^A	1.48±0.07 ^B	1.59±0.07 ^{AB}
Arginine	1.09±0.06	0.98±0.14	1.08±0.05

¹⁾ CON: The pig fed with commercial feed (100%), MSM 300: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 300 ppm for 158 d. MSM 500: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 500 ppm for 158 d.

^{AB} Means with different superscript in the same row are significantly differ at $p < 0.05$.

미노산 함량에 영향을 미쳤는데, valine 함량은 대조구와 유황 500 ppm 급여 처리구에 비하여 유황 300 ppm 급여 처리구가 낮은 함량을 보였다. 반면 alanine, phenylalanine 및 lysine 함량은 대조구가 유황 300 ppm 처리구에 비하여 유의적으로 높은 함량을 보였다($p < 0.05$).

유황 급여수준에 따른 지방산 조성 변화

유황을 급여하여 비육시킨 돈육 등심부위의 경시적인 지방산 조성 변화를 비교한 결과는 Table 7과 같다.

유황 급여수준이 돈육 등심의 지방산 조성에 미치는 영향을 조사한 결과는 다음과 같다. 일반적으로 육류의 근육내 지방산 조성에서 돈육은 급여 사료의 질에 영향을 받으나, 소나 양과 같은 반추동물의 경우는 반추위의 대

Table 7. Changes in fatty acid composition of pork loin from pigs fed methylsulfonylmethane (MSM)

Fatty acid	Treatments ¹⁾		
	CON	MSM 300	MSM 500
C14:0	1.32±0.09	1.25±0.04	1.30±0.01
C16:0	21.41±0.52 ^B	21.58±0.39 ^{AB}	22.38±0.41 ^A
C16:1	2.37±0.13	2.40±0.12	2.45±0.19
C18:0	13.83±0.51 ^B	14.73±0.25 ^A	14.78±0.41 ^A
C18:1	35.01±0.64 ^B	36.65±0.25 ^A	36.17±0.10 ^A
C18:2	20.78±0.40 ^A	18.36±0.15 ^B	17.82±1.39 ^B
C18:3	0.96±0.01 ^A	0.81±0.06 ^B	0.71±0.07 ^B
C20:4	4.42±0.95	4.22±0.57	4.39±1.31
SSFA ²⁾	36.56±0.29 ^C	37.56±0.18 ^B	38.46±0.30 ^A
SUFA ³⁾	63.54±0.251 ^A	62.44±0.18 ^B	61.54±0.30 ^C

¹⁾ CON: The pig fed with commercial feed (100%), MSM 300: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 300 ppm for 158 d, MSM 500: The pig fed with commercial feed (100%) with MSM 500 ppm for 158 d.

^{ABC} Means with different superscript in the same row are significantly differ at $p < 0.05$.

²⁾ SFA : Saturated Fatty Acid.

³⁾ UFA : Unsaturated Fatty Acid.

사기능에 연유되어 영양물질이 제 1위내의 미생물에 의해 분해되기 때문에 급여 지방산 수준이 근육내 지방산 조성에 큰 영향을 미치지 않는다. 본 연구결과 모든 처리구에서 oleic acid(18:1)가 35.01-36.65%로 가장 많은 함량을 보였으며, 다음으로는 palmitic acid(16:0)가 21.41-22.48%이었다. Kang 등(2007)의 연구결과에서는 개량종 돼지의 경우 oleic acid와 palmitic acid 두 지방산의 함량이 68.21%라고 하였는데, 본 연구에서는 다소 낮은 함량을 보였다. 다른 품종에서도 돈육의 두 가지 지방산 함량은 67.0% 정도라고 보고하였다(Fortina *et al.*, 2005). 식육내 oleic acid 함량이 높으면 식육의 맛을 좋게 하고, 관능평가에서 높은 점수를 얻는다고 하였다(Lunt and Smith, 1991). 유황 급여로 인하여 지방산 조성에 많은 변화가 있었는데, palmitic(C16:0), stearic(C18:0)과 oleic acid(C18:1) 함량은 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 유의적으로 높은 함량을 보였으며($p < 0.05$), 반면에 linoleic(C18:2)와 linolenic acid(C18:3) 함량은 유황 급여수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p < 0.05$). 이상의 지방산을 제외한 myristic(C14:0), palmitoleic(C16:1), arachidonic acid(C20:4)는 처리구간에 함량 차이는 있지만 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 포화지방산 함량은 유황 급여수준이 증가할수록 유의적으로 증가하였으며($p < 0.05$), 불포화지방산 함량은 유의적으로 감소하여($p < 0.05$) 유황 급여가 돈육내 포화지방산 함량을 증가시키는 것으로 나타났다. 일반적으로 포화지방산 함량이 높으면 육내 지방산화 안전성(Du *et al.*, 2000; Sim, 1997) 및 육색 안전성에 도움을 준다(Joo *et al.*, 2002). 그러나 인체 건강과 관련한 지방산 조

성면에서 동맥경화증, 고혈압 예방 등과 같은 건강에 유익한 지방산은 불포화지방산 비율이 높고, 포화지방산 비율이 낮을수록 좋다고 보고하였다(Engler *et al.*, 1991; Decker and Shantha, 1994). 지방산 조성이 맛에 미치는 연구에서 Cameron과 Enser(1991)는 단일불포화지방산의 농도가 증가하고 다가불포화지방산의 농도가 감소할수록 고기의 맛이 좋아진다고 보고하였는데, 본 연구에서 식이 유황 급여로 다중불포화지방산 함량이 감소하는 결과를 보였다. 지방산의 조성은 식육의 품질에 크게 작용하는데 지방산의 조성에 따라 지방의 경도와 응집성에 차이가 나고, 불포화지방산과 포화지방산의 조성 비율에 따라 식육의 저장성에 영향을 받기 때문이다(Wood *et al.*, 2003). 일반적으로 단위기축은 반추가축과는 달리 급여하는 사료의 지질원 조성에 영향을 많이 받는데, 본 연구에서 돼지에 게 급여한 유황은 식품으로 사용되고 있는 methylsulfonyl methane(MSM)으로 체내 지방산 조성에 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다.

요 약

본 연구에서는 자돈(6.3 kg) 비육 출하시(110 kg)까지 식이유황의 급여가 돈육 품질특성에 미치는 영향을 조사하였다. 3원교잡종(Landrace×Yorkshire×Duroc) 135두를 각 처리구 마다 45두씩(돈방당 15두) 배치하여 158일간 사양 시험을 실시하였다. 대조구는 식이유황 무첨가, 처리구 1은 300 ppm, 처리구 2는 500 ppm 첨가하여 급여하였다. 급여기간이 끝난 후 일괄적으로 함양도축장에서 도축하여 돈육의 등심부위를 wrap으로 합기포장하여 냉장온도(4°C)에서 8일간 저장하면서 품질특성과 관련된 각 실험항목을 조사하였다. 지방산화는 저장기간 동안 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 낮은 지방산화를 보였으며, 저장기간에 따른 비교에서는 모든 처리구가 저장기간이 경과함에 따라 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 관능적 특성 중 내지방 함량과 전체적인 기호성은 유황 500 ppm 급여 처리구가 대조구와 유황 300 ppm 급여 처리구에 비하여 유의적으로 높은 값을 보였다. 저장기간의 경과에 따른 변화에서는 모든 처리구가 유의적인 차이가 없었다. 무기물 중 Na, Mg 및 Ca 함량은 대조구에 비하여 유황 급여 수준이 증가할수록 함량이 유의적으로 감소하는 결과를 보였다($p < 0.05$). Fe, Cu 및 Zn 함량은 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 유의적으로 높은 함량을 보였다($p < 0.05$). S 함량은 대조구에 비하여 유황 급여수준이 증가할수록 유의적으로 증가하였다($p < 0.05$). 아미노산 함량은 대조구와 유황 급여 처리구간에 뚜렷한 경향이 없는 것으로 나타났다. 지방산 조성 중 palmitic, stearic과 oleic acid 함량은 대조구에 비하여 유황 급여 처리구가 유의적으로 높은 함량을 보였으며($p < 0.05$), 반면에 linoleic와 linolenic acid

함량은 유허 급여수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 포화지방산 함량은 유허 급여수준이 증가할수록 유의적으로 증가하였으며($p<0.05$), 반면에 불포화지방산 함량은 유의적으로 감소하였다($p<0.05$). 이상의 결과를 요약하면 식이유허 급여는 돈육 등심의 품질특성에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

참고문헌

- Beuge, J. A. and Aust, S. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.* **52**, 302-303.
- Cameron, N. D. and Enser, M. B. (1991) Fatty acid composition of lipid in *longissimus dorsi* muscle of Duroc and British landrace pigs and its relationship with eating quality. *Meat Sci.* **29**, 295-302.
- Cho, S. H., Seong, P. N., Kim, J. H., Park, B. Y., Kwon, O. S., Hah, K. H., Kim, D. H., and Ahn, C. N. (2007) Comparison of meat quality, nutritional, and sensory properties of Korean native pigs by gender. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **27**, 475-481.
- Decker, E. A. and Shantha, N. C. (1994) Concentrations of the anticarcinogen, conjugated linoleic acid in beef. *Meat Focus Int.* **3**, 61.
- Du, M., Ahn, D. U., and Sell, J. L. (2000) Effect of dietary conjugated linoleic acid (CLA) and linoleic/linolenic acid ration on polyunsaturated fatty acid status in laying hens. *Poultry Sci.* **79**, 1749-1756.
- Engelke, U. F. H., Tangerman, A., Willemsen, M. A. A. P., Moskau, D., Loss, S., Mudd, H., and Wevers, R. A. (2005) Dimethyl sulfone in human cerebrospinal fluid and blood plasma confirmed by one-dimensional ^1H and two dimensional ^1H - ^{13}C NMR. *NMR in Biomedicine.* **18**, 331-336.
- Engler, N. M., Karanian, J. W., and Salem, J. M. (1991) Influence of dietary polyunsaturated fatty acids on aortic and plate fatty acid composition in the rat. *Nutr. Res.* **11**, 753.
- Folch, J., Lees, M., and Sloane-Stanley, G. H. (1957) A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497.
- Fortina, R., Barbera, S., Lussiana, S., Mimosi, A., Tassone, S., Rossi, A., and Zanardi, E. (2005) Performance and meat quality of two Italian pig breeds fed diets for commercial hybrids. *Meat Sci.* **71**, 713-718.
- Hasegawa, T., Kumamoto, S., Ueno, S., and Yoshikai, Y. (2004) Methylsulfonylmethane (MSM). Suppressive effect of methylsulfonylmethane (MSM) on Type collagen-induced arthritis in DBA/1J mice. *Jpn. J. Pharmacol. Thera.* **32**, 420-427.
- Horvath, K., Noker, P. E., Somfai-Relle, S., Glavits, R., Financsek, I., and Schauss, A. G. (2002) Toxicity of methylsulfonylmethane in rats. *Food Chem. Toxicol.* **40**, 1459-1462.
- Imanaka, M., Matsunaga, K., and Ishida, T. (1985) Gas chromatography-mass spectroscopy identification of dimethyl sulfone in cow's milk and other livestock products. *J. Polit. Sci.* **10**, 549-554.
- Jang, H. D., Yoo, J. S., Chae, S. J., Park, S. L., Kim, I. C., Park, J. C., Jung, H. J., Kim, Y. H., Kim, I. H., and Seok, H. B. (2006) Effects of dietary of methyl sulfonyl methane on growth performance and meat quality characteristics in growing-finishing pigs. *Korean J. Intl. Agri.* **18**, 116-120.
- Joo, S. T., Lee, J. I., Ha, Y. L., and Park, G. B. (2002) Effects of dietary conjugated linoleic acid on fatty acid composition, lipid oxidation, color and water-holding capacity of pork loin. *J. Anim. Sci.* **80**, 108-112.
- Kang, S. M., Kang, C. G., and Lee, S. K. (2007) Comparison of quality characteristics of Korean native black pork and modern genotype pork during refrigerated storage after thawing. *Korean J. Food Sci. Ani. Resour.* **27**, 1-7.
- Kim, L. S., Axelrod, L. J., Howard, P., Buratovich, N., and Water, R. F. (2006) Efficacy of methylsulfonylmethane (MSM) in osteoarthritis pain of the knee: a pilot clinical trial. *Osteoarthr. Cartilage* **14**, 286-294.
- Kim, S. H. and Lee, M. H. (1986) A survey on the consumer's purchasing pattern of fresh meat. *Korean J. Anim. Sci.* **28**, 105-109.
- Lawrence, R. (1998) MSM. A double blind study of its use in degenerative arthritis. *Int. J. Anti-Aging Med.* **1**, 50.
- Lawrie, R. A. (1985) Packaging fresh meat. In : Development in meat science. Taylor, A. A. (ed), Elsevier Applied Science Publisher, pp. 89.
- Lunt, D. K. and Smith, S. B. (1991) Wagyu beefs holds profit potential for U.S. feed lot. *Feedstuffs.* **19**, 18-22.
- Magnuson, B. A., Appleton, J., and Ames, G. B. (2007) Pharmacokinetics and distribution of [^{35}S] methylsulfonylmethane following oral administration to rats. *J. Agric. Food Chem.* **55**, 1033-1038.
- 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.
- Nishimura, T., Hattori, A., and Takahashi, K. (1999) Structural changes in intramuscular connective tissue during the fattening of Japanese black cattle: Effect of marbling on beef tenderization. *J. Anim. Sci.* **77**, 93.
- Otsuki, S., Qian, W., Ishihara, A., and Kabe, T. (2002) Elucidation of dimethylsulfone metabolism in rat using a ^{35}S radioisotope tracer method. *Nutr. Res.* **22**, 313-322.
- Pearson, T. W., Dawson, H. J., and Lackey, H. B. (1981) Natural occurring levels of dimethyl sulfoxide in selected fruits, vegetables, grains and beverages. *J. Agric. Food Chem.* **29**, 1081-1091.
- SAS. (1999) SAS/STAT Software for PC. Release 6.11, SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Silva Ferreira, A. C., Rodrigues, P., Hogg, T., and Guedes, D. P. (2003) Influence of some technological parameters on the formation of dimethyl sulfide, 2-mercaptoethanol, methionol, and dimethyl sulfone in port wines. *J. Agric. Food Chem.* **51**, 727-732.
- Sim, J. S. (1997) Designer eggs and their nutritional and functional significance. *World Rev. Nutr. Dietetics* **83**, 89.
- Snedecor, G. W. and Cochran, W. G. (1980) Statistical Meth-

- ods (7th ed.). Iowa State University Press. Ames, IA.
30. Thompson, J. (2001) The relationship between marbling and sensory traits. In proc. Marbling Symposium, Coffs Harbour, Australia. pp. 30-35.
31. Total Health (1998) "MSM". Feb/Mar, Vol. 20, No. 1, pp. 30-31.
32. Williams, K. I. H., Burstein, S. H., and Layne, D. S. (1966) Dimethyl sulfone: isolation from human urine. *Arch. Biochem. Biophys.* **13**, 251-252.
33. Wood, J. D., Richardson, R. I., Nute, G. R., Fisher, A. V., Campo, M. M., Kasapidou, E., Sherd, P. R., and Enser, M. (2003) Effect of fatty acid on meat quality; a review. *Food Sci.* **66**, 21-23.
34. 高坂和久 (1975) 肉製品の鮮度保持測定. *食品工業*. **18**, 105.
35. 하준 (1994) 동의보감. 여간출판사, pp. 110-113.

(Received 2009.2.2/Revised 1st 2009.3.10, 2nd 2009.3.18, 3rd 2009.3.25/Accepted 2009.4.1)