

# 저수준의 Lysine 사료에서 L-leucine 첨가수준이 비육후기 Duroc 품종 돼지의 성장 및 육질특성에 미치는 영향

박준철 · 김영화 · 정현정 · 이성대 · 조규호 · 김인철 · 이상진 · 문홍길

축산연구소 양돈과

## Effects of Dietary L-leucine Levels in Low-lysine Diets on Growth Performance and Meat Quality Parameters in Finishing Duroc Pigs

J. C. Park, Y. H. Kim, H. J. Jung, S. D. Lee, K. H. Cho, I. C. Kim, S. J. Lee and H. K. Moon

Swine Research Division, National Livestock Research Institute

### ABSTRACT

The objective of this study was to investigate effects of supplementation levels of L-leucine in low-lysine diets on growth performance and meat quality parameters in finishing Duroc pigs.

A total of fifty-four pigs with an average initial weight of 74 ± 1 kg were allotted to one of three dietary treatments. Each treatment had six replications of three pigs per replicate. The treatment diets included 1) a corn-soybean meal basal diet containing lysine as low as 0.45% (CON), 2) basal diet plus 1.5% L-leucine (LEU 1.5), and 3) basal diet plus 3.0% L-leucine (LEU 3.0).

No difference was found in ADG, ADFI and Feed/Gain among treatments. In carcass parameters, dressing percent and back-fat thickness were not affected by L-leucine levels, however, *longissimus dorsi* area tended to increase by supplementation of L-leucine. Marbling score was significantly higher ( $P < 0.05$ ) in LEU 1.5 and LEU 3.0 than in CON. In meat quality parameters, CIE L\* of meat color significantly increased ( $P < 0.05$ ) and crude fat tended to increase by supplementation of L-leucine. However, there was no difference in water holding capacity, cooking loss and shear force value.

This study suggests that dietary supplementation of L-leucine in low-lysine diets at the end of finishing period can produce high marbled pork which is preferred by Korean consumers.

(Key words : Lysine, L-leucine, Duroc, Growth performance, Meat)

### I. 서론

오늘날 소비자는 돈육의 육질을 크게 중요시하고 있다. 양돈 농가에서는 이런 소비자의 요구를 충족하기 위하여 다양한 사양방법을 이용하고 있지만, 아직까지 기술적인 면에서 다소 부족한 면들이 있다. 일반적으로 고급육이라고 하면 육색, 근육내 지방함량 및 연도가 소비자의 요구에 충족되어야 한다. 근육내 지방함량 및 조성은 돈육의 육질 및 소비자의 기호에 많

은 영향을 준다(Karlsson 등, 1993; Ramsey 등, 1990). 특히 국내 소비자는 근육내 지방함량이 높은 돈육을 선호한다. 여러 연구자들에 의해 근육내 지방함량에 관한 연구가 진행되어 왔다 (Castell 등, 1994; Blanchard 등, 1999). 근육내 지방함량은 품종 및 사료의 영양소 구성에 따라 많은 영향을 받는다(Ellis 등, 1996; Kerr 등, 1995; Cisneros 등, 1996).

특히 사료의 단백질함량 및 아미노산 조성이 근육내 지방함량에 영향을 준다고 보고되

Corresponding author : H. K. Moon, Swine Research Division, National Livestock Research Institute, Cheonan 330-801, Korea, Phone: 041) 580-3454, e-mail: hkmoon@rda.go.kr

었다(Cisneros 등, 1996; Donato 등, 2006). Essen- Gustavsson 등(1994)은 높은 수준의 단백질(CP 18.5%) 보다 낮은 수준의 단백질(CP 13.1%) 급여 시 돈육의 근육내 지방함량이 증가한다고 보고하였다. 또한 근육내 지방함량의 증가는 전단력에 영향을 준다(Goerl 등, 1995).

양돈 사료에서 lysine은 제1 제한 아미노산으로서 사료 제조에서 중요한 영양소이고(NRC, 1998), 돼지 생산성에 영향을 준다(Chang과 Wei, 2005). Katsumata 등(2006)은 비육 암돼지의 lysine 급여 수준을 낮추면 등심의 근내지방 함량이 증가된다고 보고하였다. 한편 branched chain 아미노산의 일종인 leucine은 근육에서  $\alpha$ -ketoisocaproate로 분해되어 acetoacetate, cholesterol 및 acetyl-CoA가 생성되며, acetyl-CoA는 지방산을 합성하는데 이용된다고 보고된 바 있다(Nissen과 Abumrad, 1997). Cisneros 등(1996)도 leucine에서 분해되어 생성된 acetoacetate 및 acetyl-CoA는 지방산 합성에 영향을 준다고 보고하였다.

따라서 본 연구는 Duroc 품종의 돼지를 이용하여 저수준 lysine 사료에 L-leucine의 첨가수준이 생산성 및 돈육의 육질에 미치는 영향을 구명하기 위하여 수행하였다.

## II. 재료 및 방법

### 1. 사양 시험

#### 1) 공시동물 및 시험사료

공시동물은 일령이 비슷하고, 생체중이  $74 \pm 1$  kg 되는 Duroc 품종 돼지 54두를 공시하였다. 시험사료는 사료중 lysine 함량을 NRC(1998)의 lysine 권장량(0.60%) 보다 낮은 0.45%의 기초사료를 배합한 후, 합성 L-leucine를 각각 0% (CON), 1.5% (LEU 1.5) 및 3.0% (LEU 3.0) 첨가하였다. 시험사료의 원료구성 및 성분조성은 Table 1에 나타나 있다. 시험동물은 처리 당 각 6반복, 반복당 3두씩, 처리구별로 암수 비율을 동일하게 공시하였으며, 각 시험사료를 30일간 급여하였다. 사료는 무제한 급여하였으며, 음수는 니플을 이용하여 자유급수 하였다. 시험돈사는 무창 돈사이었으며 돈방 면적은  $320 \times 150$  cm이

었다. 기타 사양관리는 일반적인 관행에 준하여 실시하였다.

#### 2) 조사항목 및 분석방법

체중은 개시체중을 측정후 시험사료를 30일간 급여한 후에 종료체중을 측정하였다. 일당 증체량은 총 증체량을 사육일수로 나누어 계산하였고, 일당 사료섭취량은 총 사료섭취량을 사육일수로 나누어 계산하였다. 사료요구율은 사료섭취량을 증체량으로 나누어 계산하였다.

### 2. 도체 분석

공시동물은 종료체중을 조사한 후 각 시험구에서 동일한 체중 각각 8두씩(암·수 각 4두) 24두를 선발하여 도축장에서 12시간 절식한 후 도축하였다. 도체는 냉각실( $2 \pm 2^\circ\text{C}$ )에서 24시간 냉각하였다. 도체율은 도체중량으로 계산하였다. 등심단면적(*Longissimus dorsi area*,  $\text{cm}^2$ )은 좌반도체의 마지막 등뼈와 제 1허리뼈 사이 및 제 11등뼈와 제 12등뼈 사이의 등심에 가로, 세로가 1 cm 단위로 표시된 면적자를 이용하여 등심의 단면적을  $\text{cm}^2$  단위로 측정하였다. 등지방 두께는 좌반도체의 마지막 등뼈와 제 1허리뼈 사이 및 제 11등뼈와 제 12등뼈 사이의 등지방을 측정된 평균치로 나타내었다. 근내지방도는 농림부고시 제 2004-10호의 축산물등급판정세부기준(1~5등급)에 따라 등급판정사가 판정하였고, 도체등급의 A, B, C, D를 4, 3, 2, 1로 각각 수치화하여 나타내었다.

### 3. 육질 분석

도축 후 24시간 예냉한 도체에서 공시재료로 배최장근(*Longissimus dorsi muscle*)을 정형한 후에 채취하였으며, 랩으로 포장하여  $0 \pm 1^\circ\text{C}$ 에서 24시간 저장한 후 육질분석을 위한 공시재료로 이용하였다. 수분 및 조지방은 AOAC(1995) 방법에 준하여 분석하였다. pH는 도축 24시간 후 좌도체 등심 제 10늑골부위에서 pH meter (NWKbinar pH K-21, Germany)를 이용하여 측

Table 1. Ingredients and chemical composition of experiment diet (% , as fed basis)

Item	CON <sup>1)</sup>	LEU 1.5 <sup>1)</sup>	LEU 3.0 <sup>1)</sup>
<b>Ingredients</b>			
Yellow corn	75.61	73.11	70.11
Soybean meal	9.00	9.00	10.00
Wheat	10.00	10.00	10.00
Soybean oil	3.00	4.00	4.50
Limestone	0.58	0.58	0.58
Tricalcium phosphate	1.11	1.11	1.11
Salt	0.30	0.30	0.30
Vitamin primix <sup>2)</sup>	0.40	0.40	0.40
L-leucine	0.00	1.50	3.00
Total	100.00	100.00	100.00
<b>Chemical composition<sup>3)</sup></b>			
Crude protein (%)	11.47	12.74	14.41
Metabolic energy (kcal/kg)	3,423	3,415	3,382
Lysine (%)	0.46	0.45	0.47
Leucine (%)	1.09	2.54	4.01
Methionine (%)	0.21	0.20	0.21
Calcium (%)	0.55	0.55	0.55
Phosphorus (%)	0.51	0.50	0.50

<sup>1)</sup> CON, 0% of L-leucine; LEU 1.5, 1.5% of L-leucine; LEU 3.0, 3.0% of L-leucine

<sup>2)</sup> The vitamin per kilogram of the diet provided by premix : Vitamin A, 2,000,000IU; Vitamin D<sub>3</sub>, 400,000IU; Vitamin E, 2500IU; Vitamin K<sub>3</sub>, 100 mg; Vitamin B<sub>1</sub>, 100 mg; Vitamin B<sub>2</sub>, 300 mg; Vitamin B<sub>12</sub>, 1,200 mcg; Niacin, 2,000 mg; d-Pantothenicalcium, 1,000 mg; Folic acid, 200 mg; Biotin, 20 mg; Choline chloride, 25,000 mg; Mn, 12,000 mg; Zn, 15,000 mg; Fe, 4,000 mg; Cu, 500 mg; I, 250 mg; Co, 100 mg; Mg, 2,000 mg; B.H.T., 5,000 mg

<sup>3)</sup> Chemical composition was calculated from ingredient proportion.

정하였다. 보수력은 마쇄한 시료 10g을 70℃의 항온수조에서 30분간 가열한 다음, 방냉하여 1,000 rpm에서 10분간 원심분리한 후 유리수분 함량을 측정하고, 동일한 시료 10g을 dish에 담아 102±1℃ dry oven에서 항량이 될 때까지 건조시켜 전 수분 함량을 측정하여 계산하였다. 육색은 등심근 단면을 자른 후 4℃에서 30분간 발색시킨 후 색차계(CR-300, Minolta, Japan)를 이용하여 동일한 시료를 3회 반복하여 측정하였다. 표준화 작업은 표준색판 No. 12633117을 이용하여  $Y = 93.5$ ,  $x = 0.3136$ ,  $y = 0.3198$  값으로 표준화시킨 후 육색을 측정하였다. 가열감량은 시료를 2 cm 두께로 일정하게 절단하여 무게를

측정하고 70℃ 항온수조에서 10분간 가열한 다음 냉각시켜 감량된 무게를 백분율로 산출하였다. 전단력은 가열한 시료를 직경 0.5 inch<sup>2</sup>의 코아로 시료를 근섬유 방향으로 채취한 후 전단력 측정기(Warner-Bratzler Shear Meter, USA)로 측정하였다.

#### 4. 통계 분석

이상의 연구에서 얻어진 결과는 SAS(1999)의 GLM(General Linear Model) 방법으로 분석하였다. 처리간의 평균은 Duncan의 Multiple Range Test를 이용하여 비교하였다

### III. 결과 및 고찰

비육후기 Duroc 품종의 돼지에 있어 저수준의 lysine 사료에 L-leucine의 첨가수준이 성장 능력에 미치는 영향은 Table 2와 같다. 개시체중, 종료체중, 일당증체량, 사료섭취량 및 사료 요구율에 있어 처리구간 유의적인 차이를 보이지 않았다.

Ventrucci 등(2004)은 쥐에서 L-leucine 첨가수준이 증체 및 사료섭취량에 영향을 주지 않는다고 하였다. Edmonds와 Baker(1987)도 4% L-leucine를 공급 시, 돼지의 생산성에서는 유의적인 차이가 없다고 보고하였다. 이상의 연구 결과는 본 시험의 결과와 일치하는 경향을 보였다.

저수준 lysine 사료에 L-leucine 첨가에 따른 돼지의 도체특성은 Table 3에 나타나 있다. 도체

율, 등지방두께, 도체등급에서는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 등심단면적은 처리구간 유의적인 차이는 없었지만, L-leucine의 첨가수준이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 보였다. 근내지방도는 L-leucine을 각각 1.5% 및 3.0% 첨가한 LEU 1.5, LEU 3.0 처리구가 대조구보다 유의적으로 높았다( $P<0.05$ ). 체내에 흡수된 L-leucine은  $\alpha$ -ketoisocaproate로 분해되어, 간에서  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate와 Isovaleryl-CoA를 생성한다(Nissen과 Abumrad, 1997). 이들의 최종 산물로서 Acetoacetate, Acetyl-CoA, Cholesterol이 생성되며, 특히 Acetyl-CoA는 지방산 합성에 영향을 준다(Cisneros 등, 1996). 따라서 본 연구에서 근내지방도가 증가된 것은 leucine의 대사 산물인 Acetyl-CoA가 근육내의 지방합성에 관여하였기 때문인 것으로 사료된다.

저수준 lysine 사료에서 L-leucine 첨가에 따

Table 2. Effects of L-leucine levels on growth performance in low-lysine diets

Item	CON <sup>1)</sup>	LEU 1.5 <sup>1)</sup>	LEU 3.0 <sup>1)</sup>	SE
Initial weight (kg)	75.53	73.36	73.60	1.25
Final weight (kg)	113.02	109.40	112.03	1.53
ADG (kg/day)	1.25	1.20	1.28	0.04
ADFI (kg/day)	3.31	3.19	3.24	0.01
Feed/Gain	2.76	2.69	2.59	0.09

<sup>1)</sup> CON, 0% of L-leucine; LEU 1.5, 1.5% of L-leucine; LEU 3.0, 3.0% of L-leucine.

Table 3. Effects of L-leucine levels on carcass parameter in low-lysine diets

Item	CON <sup>1)</sup>	LEU 1.5 <sup>1)</sup>	LEU 3.0 <sup>1)</sup>	SE
Dressing (%)	72.84	72.97	73.63	0.44
<i>Longissimus dorsi</i> area (cm <sup>2</sup> )	44.03	47.34	50.00	2.73
Back-fat thickness (cm)	2.60	2.59	2.79	0.22
Marbling score <sup>2)</sup>	2.56 <sup>b</sup>	3.69 <sup>a</sup>	3.63 <sup>a</sup>	0.32
Carcass grade <sup>3)</sup>	3.13	2.50	3.00	2.73

<sup>1)</sup> CON, 0% of L-leucine; LEU 1.5, 1.5% of L-leucine; LEU 3.0, 3.0% of L-leucine.

<sup>2)</sup> Marbling score (ranges 1 to 5) evaluated by animal products grading service (Ministry of Agriculture and Forestry, 2004).

<sup>3)</sup> Carcass grade ranges 1 to 4 from the worst to the best.

<sup>a, b</sup> Means in the same row with different superscripts differ significantly ( $P<0.05$ ).

Table 4. Effects of L-leucine levels on meat quality parameter in low-lysine diets

Item	CON <sup>1)</sup>	LEU 1.5 <sup>1)</sup>	LEU 3.0 <sup>1)</sup>	SE
Moisture (%)	72.69	72.76	72.20	0.72
Crude fat (%)	4.88	5.68	6.56	0.95
pH	5.62	5.59	5.60	0.01
WHC (%)	57.02	56.37	55.69	0.90
CIE L*	50.56 <sup>b</sup>	51.38 <sup>ab</sup>	53.55 <sup>a</sup>	0.83
CIE a*	7.04	7.22	7.07	0.42
CIE b*	4.79	4.72	5.36	0.42
Cooking loss (%)	33.25	34.64	32.74	0.73
Shear force value (kg)	2.56	2.65	2.44	0.13

<sup>1)</sup> CON, 0% of L-leucine; LEU 1.5, 1.5% of L-leucine; LEU 3.0, 3.0% of L-leucine

<sup>a, b</sup> Means in the same row with different superscripts differ significantly (P<0.05).

른 돈육의 육질특성은 Table 4에 나타나있다. 수분, pH, 보수력에 있어서는 처리 간 유의적인 차이가 나타나지 않았다. 조지방 함량은 처리 구간에 유의적인 차이는 없었지만, L-leucine의 첨가수준이 높아짐에 따라 증가되는 경향을 보였다. 이 사실은 L-leucine 첨가에 의해 근내지방도가 증가한 본 연구 결과를 뒷받침해 준다. 육색에서는 백색도인 CIE L\*은 L-leucine의 첨가에 따라 유의적으로 증가하였으나(P<0.05), 적색도인 CIE a\* 및 황색도인 CIE b\*는 처리구간에 유의적인 차이가 없었다. 가열감량, 전단력에 있어서도 처리구간에 유의적인 차이가 없었다.

저수준의 단백질 사료급여는 돈육의 근육내 지방함량을 증가시키며(Essen-Gustavsson 등, 1994), 또한 L-leucine의 체내 분해 대사물질인  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate를 사료에 첨가 급여한 연구결과 지방함량이 증가된다고 보고하였다(Nissen 등, 1996). 또한 근육내의 지방함량이 증가됨에 따라 전단력은 낮아진다(Goerl 등, 1995). 본 연구에서는 L-leucine의 첨가에 따라 조지방 함량은 증가하는 경향을 보였으나, 전단력에는 유의적인 영향을 미치지 못하는 결과를 보였다.

수준이 생산성, 도체 및 육질 특성에 미치는 영향을 평가하였다. 시험동물은 평균  $74 \pm 1$  kg의 Duroc 품종 54두를 각 처리 당 6반복, 반복 당 3두씩 공시하였다. 시험사료는 lysine 0.45%의 기초사료에 합성 L-leucine을 각각 0% (CON), 1.5% (LEU 1.5) 및 3.0% (LEU 3.0) 첨가한 후 30일간 급여하였다.

일당증체량, 사료섭취량 및 사료요구율은 처리구간에 유의적인 차이를 보이지 않았다. 도체특성에 있어서는 도체율 및 등지방두께는 처리구 간 유의적인 차이를 보이지 않았으나, 등심단면적은 L-leucine의 첨가수준이 높아짐에 따라 증가하는 경향을 나타내었다. 근내지방도는 L-leucine 첨가구가 대조구에 비하여 유의적으로 높았다(P<0.05). 육질 특성에서 조지방 함량이 유의적인 차이는 없었지만 L-leucine 첨가에 따라 증가하는 경향을 나타내었으며, CIE L\*는 유의적으로 증가하였다(P<0.05).

결론적으로 저 수준의 lysine 사료에 합성 L-leucine을 첨가함으로써 돼지의 생산성에는 영향을 미치지 않고, 한국의 소비자들이 선호하는 근내지방도가 높은 돼지고기를 생산할 수 있을 것으로 사료된다.

#### IV. 요 약

본 연구에서는 비육후기 Duroc 품종 돼지를 대상으로 저수준의 lysine 사료에 합성 L-leucine 첨가

#### V. 인 용 문 헌

1. AOAC. 1995. Official method of analysis, 15th edition. Association of Official Analytical Chemist,

- Washington. DC.
2. Blanchard, P. J., Ellis, M., Warkup, C. C., Hardy B., Chadwick, J. P. and Deans, G. A. 1999. The influence of rate of lean and subcutaneous fat tissue development on pork eating quality. *Anim. Sci.* 68:477-485.
  3. Castell, A. G., Cliplef, R. L., Paste-Flynn, L. M. and Butler, G. 1994. Performance, carcass, and pork characteristics of castrates and gilts self-fed diets differing in protein content and lysine:energy ratio. *Can. J. Anim. Sci.* 74:519-528.
  4. Chang, Y. M. and Wei, H. W. 2005. The effects of dietary lysine deficiency on muscle protein turnover in postweanling pigs. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 18:1326-1335.
  5. Cisneros, F., Ellis, M., Baker, D. H., Easter, R. A. and McKeith, F. K. 1996. The influence of short-term feeding of amino acid-deficient diets and high dietary leucine levels on the intramuscular fat content of pig muscle. *Anim. Sci.* 63:517-522.
  6. Donato, J., Pedrosa, R. G., Cruzat, V. F., Pires, I. S. O. and Tirapegui, J. 2006. Effects of leucine supplementation on the body composition and protein status of rats submitted to food restriction. *Nutrition* 22:520-527.
  7. Edmonds, M. S. and Baker, D. H. 1987. Amino acid excesses for young pigs: effects of excess methionine, tryptophan, threonine, or leucine. *J. Anim. Sci.* 64:1664-1671.
  8. Ellis, M., Webb, A. J., Avery, P. J. and Brown, I. 1996. The influence of terminal sire genotype, sex, slaughter weight, feeding regime and slaughterhouse on growth performance and carcass and meat quality in pigs and on the organoleptic properties of fresh pork. *Anim. Sci.* 62:521-530.
  9. Essen-Gustavsson, B., Karlsson, A., Lundstrom, K. and Enfalt, A. C. 1994. Intramuscular fat and muscle fibre lipid contents in halothane-gene-free pigs fed high or low protein diets and its relation to meat quality. *Meat Sci.* 38:269-277.
  10. Goerl, K. F., Eilert, S. J., Mandigo, R. W., Chen, H. Y. and Miller, P. S. 1995. Pork characteristics as affected by two populations of swine and six crude protein levels. *J. Anim. Sci.* 73:3621-3626.
  11. Karlsson, A., Enfalt, A. C., Essen-Gustavsson, B., Lundstrom, K., Rydhmer, L. and Stern, S. 1993. Muscle histochemical and biochemical properties in relation to meat quality during selection for increased lean tissue growth rate in pigs. *J. Anim. Sci.* 71:930-938.
  12. Katsumata, M., Kobayashi, S., Matsumoto, M., Tsuneishi, E. and Kaji, Y. 2005. Reduced intake of dietary lysine promotes accumulation of intramuscular fat in the Longissimus dorsi muscles of finishing gilts. *Anim. Sci. J.* 76:237-244.
  13. Kerr, B. J., McKeith, F. K. and Easter, R. A. 1995. Effect on performance and carcass characteristics of nursery to finisher pigs fed reduced crude protein, amino acid supplemented diets. *J. Anim. Sci.* 73: 433-440.
  14. Nissen, S. L. and Abumrad, N. N. 1997. Nutritional role of the leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy  $\beta$ -methylbutyrate (HMB). *J. Nutr. Biochem.* 8:300-311.
  15. Nissen, S., Sharp, R., Ray, J., Rathmacher, J. A., Rice, D., Fuller, J. C., Connelly, A. S. and Abumrad, N. 1996. Effect of leucine metabolite  $\beta$ -hydroxy- $\beta$ -methylbutyrate on muscle metabolism during resistance-exercise training. *J. Appl. Physiol.* 81:2095-2104.
  16. NRC. 1998. Nutrient requirement of swine, 10th edition. National Academy Press, Washington, DC.
  17. 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.* 68:148-154.
  18. SAS. 2005. SAS/STAT User's Guide : Version 6, 11th edition. SAS Institute Inc., Cary, NC.
  19. Ventrucci, G., Silva, L. G. R., Mello, M. A. R. and Marcondes M. C. C. G. 2004. Effects of a leucine-rich diet on body composition during nutritional recovery in rats. *Nutrition* 20:213-217.
- (접수일자 : 2006. 9. 4. / 채택일자 : 2006. 12. 15.)