

점등체계가 육계 닭고기의 아미노산과 지방산 조성에 미치는 영향

나재천¹ · 박성복¹ · 강환구¹ · 김동욱¹ · 김민지¹ · 방한태¹ · 채현석¹ · 최희철¹ · 서옥석¹ · 홍의철^{1*}

¹농촌진흥청 국립축산과학원 가금과

Effect of lighting regimes on amino acid and fatty acid contents of broiler chicken meat

Jae Cheon Na¹, Sung Bok Park¹, Hwan Ku Kang¹, Dong Wook Kim¹, Min Ji Kim¹, Han Tae Bang¹, Hyun-Seok Chae¹, Hee Chul Choi¹, Ok Suk Suh¹, Eui Chul Hong^{1*}

¹Poultry Division, National Institute of Animal Science, RDA, Seonghwan, 441-706, Korea

Received on 21 November 2011, revised on 5 December 2011, accepted on 18 December 2011

Abstract : The study was carried out to investigate the effect of lighting regimes on performance and meat quality of broiler. A total of 912 chicks was divided into 2 groups with male (3 replications/group, 34 heads/replication) and female (3 replications/group, 42 heads/replication). Treatments were control (C, natural lighting), T1 treatment (24L), and T2 treatment (1~2d, 24L; 2~4d, 23L+1D; 4~16d, 16L+8D; 16~21d, 18L+6D; 21~42d, 23L+1D) by lighting regimes. Lysine content of male chicken meats at T2 treatment was lower compared to that of other treatments ($p<0.05$). There was no significant difference in all nonessential amino acid (AA) among treatments. Methionine content of female chicken meats at T2 treatment was lower compared to that of other treatments ($p<0.05$). The rate of C16:0, C16:1n7, and C18:1n9 of male chicken meat at T2 treatment was higher than that of other treatments ($p<0.05$), while C18:2n6 was lower at T2 treatment than other treatment ($p<0.05$). Mono-saturated fatty acid was the highest at T2 treatment, however, poly-saturated fatty acid was the lowest at that treatment ($p<0.05$). There was no considerable difference in fatty acid composition of female chicken meat among treatments. Finally, lighting regime didn't affect on amino acid and fatty acid contents, and used possibly on energy reduction.

Key words : Lighting regime, Broiler, Amino acid, Fatty acid

I. 서론

닭은 명암주기에 잘 적응되어있어서 밝을 때는 활동하고 어두울 때는 쉬며 사료의 섭취도 낮에 집중되어 있다(Buyse와 Decuyper, 1988). 따라서 육계의 사육에 있어서 조명은 일반적으로 사료의 섭취기회를 늘려서 사료섭취량을 증가시켜서 결과적으로 성장을 확대시키려는 연속조명(24L) 또는 1시간 정도 어둡게 하는 23시간 조명(23L:1D)이 사용되고 있다. 그러나 이러한 연속조명 혹은 1시간 간헐 점등으로 사료의 섭취기회를 늘려 사료섭취량을 증가시키는 효과는 있으나 역작용으로 닭이 사료를 과다 섭취함으로써 오히려 생산 효율을 떨어뜨리는 결과를 초래한다(Appleby 등, 1992).

한편 육계의 증체속도는 최근 급속히 개량되어 출하체중은 점점 높아졌으나, 이에 따라 복강이나 피하에 지방과잉 축적, 다리의 이상 발생 증가, 돌연사증후군이나 복수증 등과 같은 대사성 질병의 증가 등의 문제가 발생하고 있다(Leeson 등, 1995). 따라서 한때 조명 비용을 낮추는 것을 목적으로 고안된 간헐조명이 육계의 급속 성장에 따른 다양한 문제를 줄이고 생산효율을 향상시키는 방법으로 다시 주목되고 있다(Cave 등, 1985; Classen와 Riddle, 1989; Blair 등, 1993).

최근 육계의 점등조절 방법이 육계의 생산성 증진과 함께 닭고기의 이화학적 성상에 미치는 영향을 조사한 연구들이 보고되어 왔다. 특히, Ohtani와 Tanaka(1997a,b)는 일정한 명암주기가 닭고기의 화학적 성상에 미치는 영향을 보고하였으며, Karakaya 등(2009)와 Li 등(2010)은 점등 방법의 차이가 닭고기의 이화학적 성상에 영향을 미친다고

*Corresponding author: Tel: +82-41-580-6727

E-mail address: drhong@korea.kr

하였다. 그러나 다양한 점등방법이 닭고기의 아미노산과 지방산 함량에 미치는 영향에 대해서는 아직까지 연구가 미미한 실정이다.

따라서, 본 연구는 점등조절이 육계 닭고기의 지방산과 아미노산 함량에 미치는 영향을 조사하여, 점등이 육계에 미치는 효과를 명확히 제시하기 위해 수행하였다.

II. 재료 및 방법

1. 공시동물 및 시험설계

본 시험에 사용된 공시계는 1일령 초생추(Ross) 912수를 암수 구별하여 3처리 4반복 반복당 암컷 42수, 수컷 34수씩 공시하였다. 시험설계는 점등 방법에 따라 대조구(C, 자연점등), T1 처리구(24L), T2 처리구(1~2일령, 24L; 2~4일령, 23L+1D; 4~16일령, 16L+8D; 16~21일령, 18L+6D; 21~42일령, 23L+1D)로 구분하여(Table 1), 42일령까지 시판사료((주)퓨리나코리아)를 이용하여 평사(칸당 4 m²)에서 사육하였다. 42일령에 도달하였을 때 각 반복에서 5수씩 선별하여 도계하고, 도계된 닭고기의 다리 및 가슴육을 이용하여 지방산과 아미노산 함량을 조사하였다.

2. 조사항목

1) 아미노산

아미노산 분석은 아미노산 분석기를 이용한 축산기술연구소의 FSAM(2000)으로 실시하였다. 즉, 도계한 닭고기의 가슴육 100 mg(조단백질 30 mg 정도)을 취해서 분해병에 넣은 후 6N-HCl 40 ml를 가하고 질소가스를 주입하였다. 그리고 농축 플라스크에 넣고 회전증발기에 연결한 다음 50°C에서 염산을 제거하였다. 증발이 완료되면 증류수로 병을 씻어 증발 플라스크에 옮기고 3회 반복하여 증발을 실시하였다. 최종증발 플라스크에 완충액(pH 2.2)이나 증류수를 소량씩 가하여 아미노산을 용해시켜 No 5B 여과지로 여과하여 50 ml로 만든 후 amino acid analyzer (L-8500A, HITACHI, Japan)로 분석하였으며, 기기 분석 조건은 Table 2와 같다.

2) 지방산

지질 추출은 Folch 등(1957)의 방법으로 시료에 Folch 용액(chloroform:methanol = 2:1)을 넣고 지질을 추출하였다. 시료 25 g에 BHT 50 µl와 Folch 용액 180 ml를 넣고 14,000 rpm에서 30초간 균질기화 시킨 다음 0.88% NaCl 50 ml를 첨가하여 교반한 후 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리 시켰다. 하층을 회수하여 농축시키고 N₂ 가스를 주입

Table 1. Lighting regimes.

Treatments	Lighting regimes
C	Natural lighting (Natural)
T1	24 hours lighting (24L)
T2	1~2 day : 24 hours lighting (24L)
	2~4 days : 23 hour lighting + 1 hours dark (23L+1D)
	4~15 days : 16 hour lighting + 8 hours dark (16L+8D)
	15~20 days : 18 hour lighting +6 hours dark (18L+6D)
	20~42 days : 23 hour lighting + 1 hours dark (23L+1D)

Table 2. Conditions of amino acid analyzer for amino acid analysis.

Item	Condition
Instrument	Hitach (L-8500A): injector, pump, absorbance detector
Column	Hitach: Ion-exchange column (4.6×60 mm)
Column temperature	57°C
Detector	570 nm
Chart speed	5.0 mm/min
Mobile phase	Sodium citrate 6.2 g, Sodium citrate chloride 5.7 g, Citric acid 19.8 g, Ethyl alcohol 130 ml, Thiodiglycol 5 ml, Brij -35 (25%) 4 g, Phenol 0.1 ml/700 ml water pH 3.3 with phosphoric acid

하면서 남은 용매를 제거하였다.

추출된 지질 약 80 mg은 0.5 N NaOH 1 mL를 넣고 90°C에서 7분 동안 가수분해 시킨 다음 실온에서 5분 동안 냉각시켰다. 유리지방산은 14% boron trifluoride methanol 용액(BF₃ methanol; Sigma, USA) 1 mL를 첨가하여 90°C에서 15분간 methylation 시킨 후 실온에서 30분간 냉각시켰다. Hexane 2 mL와 증류수 10 mL를 넣고 지방산 분석을 위해 상층에서 1 mL를 채취하여 분석용 시료로 사용하였다. 그때 GC의 분석 조건은 Table 3과 같다.

3. 통계처리

모든 자료의 통계처리는 SAS(1999)의 General Linear

Model procedure 이용하여 통계분석 하였으며, 처리의 평균 간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 아미노산 함량

본 시험에서 얻어진 닭고기의 아미노산 함량은 Table 4와 5에 나타내었다. 수컷 닭고기의 필수 아미노산 중에는 lysine의 함량이 각각 1.99, 1.96 및 1.87%로서 점등 처리구 사이에서 유의차가 없었으나($p>0.05$), T2 처리구에서 대조구에 비해 낮았다($p<0.05$). 비필수 아미노산은 모든

Table 3. Condition of Gas Chromatography on fatty acid analysis.

Item	Condition
Instrument	HP6890. U.S.A
Column	Omegawax 205 fused-silica bond capillary column (30 m×0.32 mm I.D., 0.25 μm film thickness)
Detector	Flame Ionization Detector
Carrier gas	Nitrogen (99.99%, Research purity)
Column flow rate	1 mL/min
Split ratio	100:1
Injection port temperature	250°C
Detection port temperature	260°C
Oven temperature	200°C

Table 4. Amino acid contents of male broiler chicken meats on lighting regimes.

Amino acid (%)	Treatments ¹		
	C	T1	T2
Essential amino acid			
Arginine	1.28±0.01 ²	1.29±0.01	1.30±0.02
Histidine	0.86±0.01	0.81±0.02	0.82±0.03
Iso-leucine	0.95±0.02	0.95±0.01	0.93±0.01
Leucine	1.88±0.04	1.87±0.02	1.81±0.03
Lysine	1.99±0.04 ^a	1.96±0.01 ^{ab}	1.87±0.02 ^b
Phenylalanine	1.09±0.03	1.10±0.01	1.07±0.03
Threonine	1.02±0.02	1.02±0.01	1.01±0.01
Valine	0.98±0.02	0.97±0.01	0.95±0.02
Methionine	0.57±0.01	0.54±0.01	0.54±0.01
Non-essential amino acid			
Alanine	1.39±0.06	1.42±0.03	1.53±0.03
Aspartic acid	2.09±0.04	2.09±0.03	2.07±0.03
Glutamic acid	3.47±0.07	3.48±0.04	3.43±0.05
Glycine	0.96±0.02	0.95±0.01	0.94±0.02
Proline	0.83±0.02	0.82±0.02	0.86±0.01
Serine	0.88±0.02	0.89±0.01	0.87±0.02
Tyrosine	0.70±0.02	0.70±0.01	0.07±0.01

¹ See the Table 1.

² Means ± SD (standard deviation, n=5).

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

Table 5. Amino acid contents of female broiler chicken meats on lighting regimes.

Amino acid (%)	Treatments ¹		
	C	T1	T2
Essential amino acid			
Arginine	1.30±0.04 ²	1.29±0.04	1.33±0.02
Histidine	0.85±0.02	0.85±0.03	0.82±0.03
Iso-leucine	0.94±0.01	0.96±0.02	0.94±0.02
Leucine	1.86±0.01	1.86±0.03	1.86±0.03
Lysine	1.97±0.04	1.96±0.04	1.92±0.04
Phenylalanine	1.09±0.00	1.13±0.01	1.08±0.03
Threonine	1.01±0.02	1.02±0.02	1.02±0.02
Valine	0.98±0.01	0.99±0.01	0.98±0.02
Methionine	0.57±0.01 ^a	0.58±0.01 ^a	0.51±0.01 ^b
Non-essential amino acid			
Alanine	1.43±0.05	1.42±0.06	1.53±0.03
Aspartic acid	2.08±0.03	2.11±0.03	2.09±0.03
Glutamic acid	3.46±0.07	3.47±0.07	3.52±0.05
Glycine	0.96±0.02	0.95±0.01	0.96±0.02
Proline	0.82±0.03	0.85±0.03	0.86±0.02
Serine	0.88±0.02	0.88±0.02	0.89±0.01
Tyrosine	0.70±0.01	0.70±0.02	0.70±0.01

¹ See the Table 1.

² Means ± SD (standard deviation, n=5).

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

처리구에서 유의차를 보이지 않았다($p>0.05$). 암컷 닭고기에서는 필수 아미노산 중 methionine이 T2 처리구에서 가장 낮은 값을 나타내었다($p<0.05$).

닭고기에서 특히 단맛에 관여하는 아미노산은 methionine과 glutamic acid이다(Chae 등, 2002). Chae 등(2002)은 닭고기의 가슴육 methionine 함량이 0.57%라 보고하였는데, 이는 본 시험의 수컷의 methionine 함량과 유사하였다. 그러나 본 시험의 암컷 계육의 methionine 함량은 T2 처리구에서 감소하였으며, 이런 결과는 점등 조절이 methionine 함량에 영향을 주는 것이라 사료되지만, 수컷과 암컷에 차이가 있는 것으로 보아 추후 지속적인 연구가 필요하다. 본 시험의 glutamic acid 함량은 Chae 등(2002)이 보고한 2.85%와 Ahn과 Park(2002)이 보고한 결과보다 높게 나타났다. 그러나 국내 FCT(2006)의 3.82%와 유사하여, 오히려 이전에 시험결과들보다 정확하다고 할 수 있으며, 점등 방법에 따라서는 크게 영향을 받지 않는다고 사료된다.

일반적으로 육류의 아미노산은 가열에 의해 마이야르 반응(아미노산과 환원당(포도당, 과당, 맥아당 등)이 작용하여 갈색의 중합체인 melanoidin을 만드는 반응)을 일으켜 (Honstein과 Teranishi, 1997; Shahidi 등, 1996) 영양뿐만 아니라 고기의 풍미에도 영향을 미친다.

국내 FCT(2006)에서 제시한 닭고기 가슴육의 필수 아미노산 함량은 lysine(2.23%), leucine(1.95%), arginine(1.54%), phenylalanine(1.01%) 등의 순으로 낮아졌으며, 비필수 아미노산 함량은 glutamic acid(3.82%), aspartic acid(2.36%), alanine(1.44%) 등의 순으로 낮아졌다. 이 시험에서 얻어진 닭고기의 아미노산 함량은 FCT(2006)에 비해서는 조금 낮지만 유사한 결과를 보여주고 있다. 아미노산 함량이 처리구간 차이가 없었던 것은 육계가 일정 체중에 도달하면 아미노산 함량이 일정하게 유지되는 것이라 사료된다.

2. 지방산 함량

본 시험에서 얻어진 닭고기의 지방산 함량은 Table 6과 7에 나타내었다. 수컷 닭고기의 지방산 중 C16:0(palmitic acid), C16:1n7(palmitoleic acid) 및 C18:1n9(oleic acid) 함량은 T2 처리구가 대조구와 T1 처리구에 비해 높았다 ($p < 0.05$). 반면에 C18:2n6(linoleic acid) 함량은 T2 처리구에서 낮았다($p < 0.05$). C18:3n3(linolenic acid) 함량은 처리구간 유의적인 차이를 나타내었으며($p < 0.05$), T1 처리구에서 가장 높았고, T2 처리구에서 가장 낮았다($p < 0.05$). 포화 지방산은 T1 처리구에서 가장 낮았다($P < 0.05$). 단일 불포화 지방산은 T2 처리구에서 가장 높았으며($p < 0.05$), 다가 불포화 지방산은 T2 처리구에서 가장 낮게 나타났다($p < 0.05$). 다가 불포화 지방산과 포화 지방산과의 비율은 처리구 사이에서 유의적인 차이를 나타내었으며($p < 0.05$), T1 처리구에서 가장 높았고, T2 처리구에서 가장 낮았다. 암컷 닭고기의 모든 지방산 함량은 처리구 사이에서 유의

적인 차이가 없었다($p > 0.05$).

포화지방산은 체내에서 혈중 콜레스테롤, 특히 저밀도 (LDL) 콜레스테롤 수준을 증가시키나(Grundy 등, 1982), 단일 또는 다가 불포화 지방산은 혈중 콜레스테롤 수준을 감소시킨다고 알려져 있다(Becker 등, 1983; Mattson과 Grundy, 1985; Baggio 등, 1988). 또한 단일 불포화 지방산을 다량 섭취할 경우 혈중 중성지방이나 콜레스테롤이 감소되어 성인병(동맥경화증 등)에 유익한 효과가 있다고 보고하고 있다(Grundy, 1986; Kim 등, 2011). 따라서 근육 내 불포화 지방산의 함량은 닭고기의 풍미는 물론 체내 콜레스테롤 축적에도 중요한 의미를 가진다고 볼 수 있다. 본 시험의 결과 linoleic acid의 함량은 처리구간 차이가 있었으나, oleic acid, palmitic acid 및 linoleic acid 함량은 처리구간 차이를 보이지 않았다. 본 시험의 결과에서 T1 처리구에서 불포화 지방산이 가장 높아, T1 처리구에서 생산된 닭고기를 섭취할 때 성인병과 관련된 영양상 이점이 있다고 사료된다.

Table 6. The composition of fatty acids in male broiler chicken meats on lighting regimes.

Fatty acid (%)	Treatments ¹		
	C	T1	T2
C14:0 (myristic acid)	0.75±0.03 ²	0.83±0.03	0.78±0.02
C16:0 (palmitic acid)	21.7±0.42 ^b	20.8±0.31 ^b	23.2±0.40 ^a
C16:1n7 (palmitoleic acid)	4.32±0.26 ^b	4.60±0.13 ^b	6.45±0.55 ^a
C18:0 (stearic acid)	6.77±0.31	6.21±0.22	6.02±0.24
C18:1n9 (oleic acid)	35.8±0.58 ^b	35.3±0.46 ^b	38.2±0.68 ^a
C18:1n7 (vaccenic acid)	1.54±0.07	1.49±0.04	1.71±0.12
C18:2n6 (linoleic acid)	26.0±0.59 ^a	27.4±0.27 ^a	20.7±0.96 ^b
C18:3n6 (α -linolenic acid)	0.14±0.02	0.18±0.01	0.16±0.02
C18:3n3 (linolenic acid)	2.00±0.05 ^b	2.20±0.04 ^a	1.78±0.07 ^c
C20:1n9 (eicosenoic acid)	0.44±0.02	0.45±0.02	0.47±0.02
C20:4n6 (arachidonic acid)	0.52±0.07	0.55±0.05	0.46±0.07
C20:5n3 (EPA)	-	-	-
C22:6n3 (DHA)	-	-	-
SFA	29.2±0.22 ^a	27.8±0.38 ^b	30.0±0.37 ^a
USFA	70.8±0.22 ^b	72.2±0.38 ^a	70.0±0.39 ^b
MUFA	42.1±0.85 ^b	41.9±0.40 ^b	46.9±1.21 ^a
PUFA	28.7±0.69 ^a	30.3±0.29 ^a	23.1±1.05 ^b
MUFA/SFA	1.44±0.04	1.51±0.03	1.56±0.06
PUFA/SFA	0.98±0.02 ^b	1.09±0.02 ^a	0.77±0.03 ^c

¹ See the Table 1.

² Means ± SD (standard deviation, n=5).

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

Table 7. The composition of fatty acids in female broiler chicken meats on lighting regimes.

Fatty acid (%)	Treatments ¹		
	C	T1	T2
C14:0 (myristic acid)	0.76±0.02 ²	0.78±0.04	0.76±0.02
C16:0 (palmitic acid)	21.6±0.40	21.7±0.69	20.7±0.56
C16:1n7 (palmitoleic acid)	4.53±0.21	4.78±0.56	4.50±0.26
C18:0 (stearic acid)	6.39±0.08	6.14±0.20	6.25±0.15
C18:1n9 (oleic acid)	36.6±0.52	36.6±0.77	37.1±0.97
C18:1n7 (vaccenic acid)	1.53±0.07	1.51±0.03	1.41±0.09
C18:2n6 (linoleic acid)	25.5±1.01	25.5±1.40	26.0±1.70
C18:3n6 (α-linolenic acid)	0.16±0.01	0.18±0.01	0.14±0.01
C18:3n3 (linolenic acid)	2.02±0.08	1.96±0.14	2.13±0.10
C20:1n9 (eicosenoic acid)	0.46±0.01	0.43±0.02	0.45±0.01
C20:4n6 (arachidonic acid)	0.50±0.04	0.46±0.08	0.49±0.07
C20:5n3 (EPA)	-	-	-
C22:6n3 (DHA)	-	-	-
SFA	28.7±0.45	28.6±0.58	27.8±0.63
USFA	71.3±0.45	71.4±0.58	72.3±0.63
MUFA	43.1±0.76	43.3±1.20	43.5±1.30
PUFA	28.2±1.09	28.1±1.63	28.8±1.88
MUFA/SFA	1.50±0.02	1.52±0.03	1.57±0.02
PUFA/SFA	0.98±0.05	0.99±0.07	1.05±0.09

¹ See the Table 1.

² Means ± SD (standard deviation, n=5).

닭고기의 지방산 조성에 영향을 주는 것 중에서 가장 중요한 것이 사료 내 지방산 성분이다(Cortinas 등, 2004). 본 연구에서 모든 처리구에서 같은 사료를 사용하였으며, 점등 방법만을 바꿔 주었기 때문에, 대부분의 지방산 함량은 큰 차이를 보이지 않는 것으로 사료된다.

IV. 결론

본 시험은 점등 체계가 닭고기의 아미노산과 지방산 함량에 미치는 영향을 조사하기 위해 실시하였다. 공시계는 1일령 초생추(Ross) 912수를 암수 구별하여 3처리 4반복 반복당 암컷 42수, 수컷 34수씩 공시하였다. 시험설계는 점등 방법에 따라 대조구(C, 자연점등), T1 처리구(24L), T2 처리구(1~2일령, 24L; 2~4일령, 23L+1D; 4~16일령, 16L+8D; 16~21일령, 18L+6D; 21~42일령, 23L+1D)로 구분하였다. 수컷 닭고기의 lysine 함량은 T2 처리구에서 대조구에 비해 낮게 나타났다($p<0.05$). 비필수 아미노산은 모든 처리구에서 유의차를 보이지 않았다. 암컷 닭고기에서는 필수 아미노산 중 methionine이 T2 처리구에서

가장 낮게 나타났다($p<0.05$). 수컷 닭고기의 지방산 중 palmitic acid, palmitoleic acid 및 oleic acid 함량은 T2 처리구가 높았다($P<0.05$). 반면에 linoleic acid 함량은 T2 처리구에서 낮았다($p<0.05$). 포화 지방산은 T1 처리구에서 가장 낮았다($p<0.05$). 단일 불포화 지방산은 T2 처리구에서 가장 높았으며($p<0.05$), 다가 불포화 지방산은 T2 처리구에서 가장 낮게 나타났다. 다가 불포화 지방산과 포화 지방산과의 비율은 처리구 사이에서 유의차를 보였으며 ($p<0.05$), T1 처리구에서 가장 높았고, T2 처리구에서 가장 낮았다. 암컷 닭고기의 모든 지방산 함량은 처리구 사이에서 유의적인 차이가 없었다($p<0.05$). 따라서 점등 방법의 변화는 닭고기의 아미노산과 지방산 함량에 큰 영향을 미치지 않으며, 에너지 절약 면에서 이용 가능하다고 사료된다.

감사의 글

본 연구는 2011년 농촌진흥청 국립축산과학원의 연구비 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고 문헌

- Ahn DH, Park SY. 2002. Studies on components related to taste such as free amino acids and nucleotides in Korean Native Chickens Meat. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 31(4): 547-552. [in Korean]
- Appleby MC, Hughes BO, Elson HA. 1992. Environment. In *Poultry Production Systems. Behavior, Management and Welfare*. pp. 39-52. C.A.B. International, Wallingford.
- Baggio G, Pagnan A, Muraca M, Ambrosio S, Ferrari S, Guarini P, Crepaldi G. 1988. Olive-oil-enriched diet: effect on serum lipoprotein levels and biliary cholesterol saturation. *Am. J. Clin. Nutr.* 47: 960.
- Becker N, Illingworth DR, Alaupovic P, Connor WE, Sundberg EE. 1983. Effect of saturated, monounsaturated and ω -6 polyunsaturated fatty acids on plasma lipids, lipoproteins and apoproteins in human. *Am. J. Clin. Nutr.* 37: 355.
- Blair R, Newberry RC, Gardiner EE. 1993. Effects of lighting pattern and dietary tryptophan supplementation on growth and mortality in broilers. *Poult. Sci.* 72: 495-502.
- Buyse J, Decuypere E. 1988. The influence of intermittent light on broiler performance and on patterns of food intake. In *Leanness in Domestic Birds. Genetic, Metabolic and Hormonal Aspect* edited by Leclercq B, Whitehead CC. pp. 133-134. Butterworth, London, Boston, Singapore, Sydney, Toronto, Wellington.
- Cave NAG, Bentley AH, MacLean H. 1985. The effect of intermittent lighting on growth, feed : gain ratio, and abdominal fat content of broiler chickens of various genotypes and sex. *Poult. Sci.* 64: 447-453.
- Chae HS, Cho SH, Park BY, Yoo YM, Kim JH, Ahn CN, Lee JM, Kim YK, Yun SG, Choi YI. 2002. Comparison of chemical composition in different portions of domestic broiler meat. *Kor. J. Poult. Sci.* 29(1): 51-57. [in Korean]
- Classen HL, Riddell C. 1989. Photoperiodic effects on performance and leg abnormalities in broiler chickens. *Poult. Sci.* 68: 873-879.
- Cortinas L, Villaverde C, Galobart J, Baucells MD, Codony R, Barroeta AC. 2004. fatty acid content in chicken thigh and breast as affected by dietary polyunsaturation level. *Poult. Sci.* 83: 1155-1164.
- Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F tests. *Bio-metrics* 11: 1-42.
- FSAM. 2000. *Feed Standard Analysis Method*. National Livestock Research Institute. pp. 13-29. [in Korean]
- FCT. 2006. *Food Composition Table*. Rural Resources Development Institute. National Institute of Agriculture Science and Technology, RDA. [in Korean]
- Folch J, Lees M, Sloane-Stanley GH. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipid from animal tissue. *J. Biol. Chem.* 26: 497-507.
- Grundy SM. 1986. Comparison of monounsaturated fatty acid and carbohydrates for lowering plasma cholesterol. *N. Engl. J. Med.* 314: 745-751.
- Honstein L, Teranishi R. 1997. The chemistry of flavor. *Chem. Eng. News* 92: 93-97.
- Karakaya M, Parlat SS, Yilmaz MT, Yildirim I, Ozalp B. 2009. Growth performance and quality properties of meat from broiler chickens reared under different monochromatic light sources. *Br. Poult. Sci.* 50(1): 76-82.
- Kim KS, Lee MK, Lee WJ, Choi YI, Cho SK. 2011. Effect of dietary astaxanthin producing bacteria (*Xanthophyllomyces dendrohous*) on growth performance and the meat quality of ducks. *J. Anim. Sci. Tech.* 53(2): 139-146. [in Korean]
- Li W, Guo Y, Chen J, Wang R, He Y, Su D. 2010. Influence of lighting schedule and nutrient density in broiler chickens: Effect on growth performance, carcass traits and meat quality. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 23(11): 1510-1518.
- Mason VC. 1984. Metabolism of nitrogen compound in the large gut (Emphasis on recent findings in the sheep and pig). *Proc. Nutr. Soc.* 43: 45-53.
- Mattson FH, Grundy SM. 1985. Comparison of effect of dietary saturated, monounsaturated and polyunsaturated fatty acids on plasma lipids and lipoprotein in man. *J. Lipid Res.* 26: 194.
- Ohtani S, Tanake K. 1997a. The effects of intermittent lighting pattern of light-dark ratio, one to two, on performance and meat quality in male broiler chickens. *Jpn. Poult. Sci.* 34: 382-387. [in Japanese]
- Ohtani S, Tanake K. 1997b. The effects of intermittent lighting pattern of light-dark ratio, one to three, on performance and meat quality in male broiler chickens. *Jpn. Poult. Sci.* 34: 388-393. [in Japanese]
- SAS. 1999. *SAS/STAT Software for PC*. SAS Institute, Cary, NC, USA.
- Shahidi F, Ruben LJ, D'Souza LA. 1996. Meat flavor volatiles: A review of composition, techniques of analysis and sensory evaluation. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 24: 141-243.