한국가금학회지 제 32권 제 3호, 203~209 (2005)
Korean J. Poult. Sci. Vol. 32, No.3, 203~209 (2005)

산란계에서 파리 유충의 급여가 계란 품질에 미치는 영향

황보 종[1] · 이병석[1] · 홍의철[1] · 배해득[1] · 강환구[2] · 한광희[2] · 장애라[3] · 박병성[2,†]
[1]농촌진흥청 축산연구소, [2]강원대학교 동물자원학부, [3]한국식품연구원

Influence of Feeding Dried Fly Larvae on Egg Quality in Laying Hens

J. Hwangbo[1], B. S. Lee[1], E. C. Hong[1], H. D. Bae[1], H. K. Kang[2], K. H. Han[2] A. R. Jang[3] and B. S. Park[2,†]
[1]*National Livestock Research Institute, RDA,*
[2]*Devision of Animal Resource Science, Kangwon National University,* [3]*Korea Food Research Institute*

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the feeding value of dried fly larva (DFL), and the effects of dietary DFL on the performance of laying hens. Ninety laying hens of 43 weeks of age(ISA brown) were randomly allotted to 5 dietary treatments (0, 2, 5, 10 and 15% DFL), and fed one of the experimental diets for 8 weeks. The formulae of 5 experimental diets were modified to contain 18.8% CP and 2,900 ME kcal/kg. There were 3 replicates per treatment, and 6 brids per replicate. No significant difference was found in egg production among dietary treatments. The egg weight was increased ($p<0.05$) in DFL treatments compared to the control. Also, the egg shell breaking strength was increased($p<0.05$) in DFL treatments by 14% compared to the control. The saturated fatty acid content in egg yolk was decreased by 16%, and that of unsaturated fatty acid increased by 7% in DFL treatments. Therefore, it could be suggested that DFL supplementation could improve the egg quality by increasing the egg weight, egg shell strength, and unsaturated fatty acid content in egg yolk.
(Key words: fly larvae, Haugh unit, fatty acid, egg cholesterol, egg yolk color)

서 론

최근 축산 분뇨로 인한 환경 문제가 사회적으로 심각하게 대두되면서 일반 농가를 비롯한 다수의 축산 경영자들의 어려움이 더욱 가중되고 있는 실정이다. 따라서 이를 해결하기 위한 방법의 하나로서 파리 유충을 이용한 계분의 생물학적 처리 기술이 이용되어질 수 있다.

파리 유충에 의한 생물학적 처리 기술은 계분에 파리 유충을 직접 투여시 70~75%의 처리 효율을 갖는다. 즉, 계분 1톤에 투여했을 때 700 kg의 계분이 수분, gas 등으로 손실되며 분해된 계분 처리물 180~250 kg을 비료로써 재활용할 수 있다. 최적의 사육조건에서 얻어질 수 있는 파리 유충의 생산량은 투입된 계분 무게의 5% 즉, 계분 톤당 50 kg의 파리 유충을 얻을 수 있다. 따라서 계분의 생물학적 처리과정 중 발생되는 파리 유충을 사료로써 활용할 수 있음은 대단히 중요한 문제이다.

집파리는 알(12~14시간), 유충(플라이 라베, 14일, 3령), 번데기(5일) 그리고 성충(30일)으로 변화하는 4단계의 변태 과정을 거치게 되며, 성충이 된 후 3일째부터 산란을 시작한다. 1회 산란수는 50~150개 정도로 3일에 1회씩 산란을 하게 되는데 총 6~7회 정도 산란하는 것으로 알려져 있다. 그러나 집단으로 일시 사육할 경우 성충의 수명은 20~25일 정도로 단축될 수 있다.

집파리를 사육하기 위해서는 분유와 설탕을 일정한 비율로 혼합하여 계분 위에 먹이로써 공급해 준다. 집파리 알 약 300 g을 수집하여 계분 1톤에 뿌려 사육하는데 알이 유충으로 되면서 계분 내부 온도는 40~50℃로 상승하게 된다. 유충이 4일 정도 자라게 되면 계분 내부 온도의 상승과 함께 다습한 조건이 되어 유충이 계분 밖으로 나와서 번데기로 탈피하기 좋은 건조한 환경 조건을 찾아서 이동하게 된다. 이때 즉 유충의 약 60%가 밖으로 나올 때 일시에 유충을 분리 · 수거한다. 이렇게 생산된 유충은 높은 온도의 열을 이용하여 희생시킨후에 30℃ 이하의 따뜻한 온돌 바닥에서 약 4일간 건조하여 사료로서 활용할 수 있다(Park 등, 2003).

† To whom correspondence should be addressed : bspark@kangwon.ac.kr

위와 같이 생산된 파리 유충은 arginine, methionine, lysine 등과 같은 필수 아미노산의 좋은 급원이며 이러한 아미노산 함량은 대두박보다 높고 어분과 같은 수준이다(Teotia와 Miller, 1970a,b). 또한 닭에서는 단백질, 아미노산, 지방 및 광물질의 좋은 급원이라고 보고되었으며(Teotia와 Miller, 1974), 조단백질의 함량이 대두박보다 높아 닭의 성장을 돕고(Calvert 등, 1969, 1970) 가금 사료의 단백질 공급원으로써 충분한 잠재성이 있다고 하였다(Despines와 Axtell, 1994; Zuidhof 등, 2003; Park 등, 2003). 그러나 국내의 일부 기업에서 파리 유충을 이용한 계분의 생물학적 처리 기술이 개발되어 현재 실용화 단계에 이르고 있지만 파리 유충의 사료 · 영양학적 가치 평가에 관한 연구는 전혀 수행되지 않고 있다.

따라서 본 시험은 계분의 생물학적 처리 공정에서 발생되는 파리 유충을 산란계 사료에 다시 첨가·급여함으로써 파리 유충에 대한 사료 ·영양학적 가치를 평가하고 사료로서의 활용 가능성을 검토하고자 시험을 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 설계 및 사양 관리

43주령 갈색 산란계(ISA Brown, 산란율 90% 이상) 90수를 공시하였다. 처리구는 기초 사료를 급여하는 대조구와 파리 유충 첨가구를 각각의 처리구로 하여 총 5처리구(대조구, 파리 유충 2%, 5%, 10%, 15% 첨가구)로 나누고, 처리구당 3반복, 반복당 6수씩 완전임의 배치하여 본 시험을 수행하였다. 공시된 산란계는 2단 철제 cage에 완전임의 배치하여 51주령까지 8주 동안 사육하였으며, 시험사료와 물은 자유채식토록 하였다. 점등은 하루에 16시간(06:00~22:00)을 실시하였다. 본 시험의 시험사료 배합율과 영양소 함량은 Table 1에 나타내었다. 시험사료는 NRC(1994)의 산란계 영양소 요구량에 준하여 옥수수-대두박 기초 사료를 이용하였으며, 파리 유충을 각각 2%, 5%, 10%, 15%씩 첨가하였다. 본 시험에 이용된 파리 유충은 30℃ 이하에서 일반 건조된 제품을 (주)메디라바텍으로부터 제공받았다. 파리 유충의 첨가수준에 따른 영양소 함량 변화율은 첨가되는 기타 원료사료들의 양으로써 조절하였다. 모든 시험사료 내 조단백질과 총 대사에너지 함량은 각각 18.8%와 2,900 kcal/kg으로 처리구간 동일하게 배합하였다.

2. 산란 능력 및 계란 품질 조사

사료 섭취량은 매주 섭취량을 조사한 다음 일일 수당 섭취량을 기준하여 환산된 값으로 나타내었다. 시험사료 급여 후 매일 동일한 시간에 산란수와 난중을 측정하여 산란율 및 평균난중을 조사하였다. 산란율은 시험기간 중 생산된 총 산란수를 공시수로 나누어 백분율로 환산하였으며, 난중은 집란 후 칭량하여 총 난중을 총 산란수로 나누어 평균 난중을 구하였다. 난각 강도는 난각 강도계(FHK Co., Japan)를 이용하였고 난각 두께는 난각 후도계(FHK Co., Japan)을 이용하여 측정하였다. Haugh unit은 난백의 높이와 난중을 측정하여 100 log ($H+7.57-1.7W^{0.37}$)의 공식을 이용하였다. 여기서 H는 농후난백의 높이(mm), W는 난중(g)이다(FHK Co., Japan).

Table 1. Formula and composition of experimental diet (%)

Ingredients	Control (%)	Diets based on DFL (%)			
		2	5	10	15
Corn	51.5	52.0	52.7	53.5	54.5
Soybean meal	21.8	20.8	20.0	19.7	13.0
Rapeseed meal	9.70	9.70	9.70	7.60	8.30
Corn gluten meal	6.30	5.30	3.10	-	-
Corn oil	1.50	1.00	0.30	-	-
Tricalcium phosphate	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80
Limestone	7.70	7.70	7.70	7.70	7.70
Salt	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
DL-methionine	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
Vit.-Min. premix[1]	0.30	0.30	0.30	0.30	0.30
DFL[2]	-	2.00	5.00	10.0	15.0
Total	100	100	100	100	100
Chemical composition[3]					
ME (kcal/kg)			2,900		
Crude protein (%)			18.8		

[1] Provided following nutrients per kg of diet : vitamin A, 9,000,000 IU; vitamin D_3, 2,100,000 IU; vitamin E 15,000 IU; vitamin K, 2,000 mg; vitamin B_1, 1,500 mg; vitamin B_2, 4,000 mg; vitamin B_6, 3,000 mg; vitamin B_{12}, 15 mg; Ca-pantothenate, 8,500 mg; niacin, 20,000 mg; biotin, 110 mg, folic acid, 600 mg, Co, 300 mg, Cu, 3,500 mg; Mn, 55,000 mg, Zn, 40,000 mg; I, 600 mg; Se, 130 mg.

[2] Dried fly larvae.

[3] Calculated values.

Table 2. Condition of gas chromatography

Items	Conditions
Instrument	ACEM 6000
Column	FFAP capillary column (30m, 0.25mm ID, 0.25 μm film tickness)
Temperature	Oven initial 160℃ Oven final 250℃
Injection	2 μl
Temperature rising rate	0.5℃/min
Carrier gas	Nitrogen
Spilt ratio	10:1

난황색은 Roche사의 yolk color fan을 사용하여 No. 1에서 15까지 비교·측정하였다.

3. 계란 난황의 지방산 및 콜레스테롤 분석

시험사료 급여 후 계란 지방산 조성과 콜레스테롤 함량은 4주째부터 분석을 실시하였다. 난황의 지방산 분석은 Folch 등 (1957)와 Morrison과 Smith (1964)의 방법을 변형하여 실시하였다.

Table 2는 지방산 분석을 위한 Gas Chromatography의 조건을 나타낸 것이다. 계란의 콜레스테롤 분석을 위하여 분리된 난황은 −20℃의 냉동실에 보관하고 분석시에 냉동난황을 녹여서 잘 혼합한 다음 콜레스테롤을 분석하였다. 난황의 콜레스테롤은 Biochemical analysis kit(Cat. No. 139.5, Boehringer Mannheim, Germany)를 이용하여 측정하였다. 즉, 난황 시료 0.5 g에 새롭게 제조된 methanolic potassium hydroxide 용액 20 mL와 isopropanol 10 mL를 혼합한 후 30분 동안 reflux condenser 하에서 가열, 여과 후 시료 0.40mL를 취하였다. Cholesterol reagent mixture 5.00 mL를 첨가하여서 격렬하게 혼합된 반응물 2.5 mL를 취하여 cholesterol oxidase 20 μL를 첨가하였다. 37~40℃에서 60분간 반응시킨 후 405 nm에서 흡광도(Model V-550, Jasco Co., Japan)를 측정하여 콜레스테롤을 분석하였다.

4. 통계처리

본 시험에서 얻어진 자료의 통계처리는 SAS Statical Package Program(SAS, Institute, 1995)에 의하여 분산분석을 실시하여 95% 수준에서 유의성 검사를 하였으며, 처리 평균간의 유의성 검증은 Duncan의 다중검정법(Duncan, 1955)에 의해서 실시하였다.

결과 및 고찰

1. 산란 능력 및 계란 품질

산란계 사료 내 파리 유충의 첨가·급여에 따른 사료 섭취량, 산란율, 난중 및 계란의 구성비 변화는 Table 3 및 Table 4에 나타내었다.

사료 섭취량과 산란율은 처리구간 유의성이 나타나지 않았으나, 난중은 대조구와 비교시에 파리 유충의 첨가수준의 증가에 따라서 높게 나타났으며, 파리 유충 15% 첨가구에서 현저한 차이를 보였다($p<0.05$). 계란 구성비는 난백 60.60~61.95%, 난황 24.65~25.74%, 난각 13.53~14.36%로 조사되었고, 대조구와 비교할 때 일반적으로 파리 유충의 첨가수준이 높을수록 난황과 난각 무게가 높게 나타났으며, 파리 유충 15% 첨가구에서 높게 나타났다($p<0.05$).

이러한 결과는 파리 유충에 높게 함유되어 있는 동물성 단백질, 아미노산, 지방과 총 에너지 그리고 칼슘과 인(Park 등, 2003)의 흡수 이용률이 높기 때문이라고 생각된다. 이는 본 시험에서 사용된 사료내 단백질과 에너지 함량을 비롯한 모든 영양소의 함량들을 동일한 수준으로 조절해 주었기 때문

Table 3. Effect of the feeding fly larvae on the feed intake and egg production in laying hens fed experimental diets for 8 weeks

Traits	Control	DFL[1], %				SEM[2]
		2	5	10	15	
Feed intake (g/day/hen)	117.72	118.29	118.24	118.71	118.92	0.2470
Egg production (%)	86.96	87.35	86.01	86.96	86.01	1.1108

[1] Dried fly larvae.

[2] Standard error of means.

Table 4. Effect of the feeding fly larvae on the egg weight in laying hens fed experimental diets for 8 weeks

Traits	Control	DFL[1], %				SEM[2]
		2	5	10	15	
Whole egg weight (g)	63.65[b]	63.74[b]	66.52[ab]	66.52[ab]	67.60[a]	0.5774
Egg white weight (g)	39.37	38.55	40.66	40.66	41.23	0.4351
Egg yolk weight (g)	15.65[b]	16.42[ab]	16.75[a]	16.25[ab]	17.15[a]	0.1662
Egg shell weight (g)	8.62[b]	8.76[b]	9.09[b]	9.06[b]	9.71[a]	0.1029

[1] Dried fly larvae.

[2] Standard error of means.

[a,b] Values within the same rows with different superscript are significantly different ($p<0.05$).

이다.

계란의 품질은 계란 소비를 결정하는데 중요한 요소이며 특히 최근의 소비자 기호도와 관련하여 식품적 가치를 높게 하려면 내부와 외부의 품질이 우수해야 한다(Lesson과 Summers, 1991). 파리 유충 첨가 급여에 의한 난각 두께, 파란 강도, Haught unit 및 난황색의 변화는 Table 5에서 보는 바와 같다.

난각 두께, 파란 강도 그리고 계란의 내부 품질의 척도가 되는 Haught unit는 파리 유충의 첨가 수준이 증가할수록 커지려는 경향을 보였고, 대조구와 비교할 때 2% 첨가구를 제외한 파리 유충 첨가구에서 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). Roche사의 yolk color fan에 의하여 난황색을 조사한 결과 대조구와 시험구 모두에서 난황색 등급은 7.0으로 진한 황색이었다.

본 시험에서 난각 두께와 파각강도에 있어서 파리 유충 첨가구가 유의적으로 높게 나타난 점은 주목할만한 결과이다. 이는 파리 유충에 함유되어 있는 칼슘과 인(Park 등, 2003)의 생물학적 이용성이 더 높았을 것으로 추정되기 때문이다. 일반적으로 곡류에 들어 있는 미네랄의 생체 이용성은 불용성 무기태인이 주를 이루고 있으므로, 대부분 분해 · 흡수되지 않고 분을 통해서 배설되어 가축분에 의한 공해요인이 될 수 있을 뿐만 아니라 동물의 성장률과 생산능력 변화에도 영향을 미칠 수 있는 것으로 알려져 있다. 한편 파리 유충을 이용해서 가축 분뇨를 처리하게 될 경우 가축 분뇨 내에 존재하는 불용성 미네랄을 이용 가능한 형태로 전환하는 힘이 큰 것으로 볼 수 있다.

2. 계란 난황의 지방산 조성 및 콜레스테롤

Table 5. Effect of the feeding fly larvae on the egg quality in laying hens fed experimental diets for 8 weeks

Traits	Control	DFL[1], %				SEM[2]
		2	5	10	15	
Haugh unit (HU)	106.18[b]	107.59[ab]	107.75[a]	107.84[a]	108.25[a]	0.2512
Egg shell thickness(mm)	0.45[b]	0.46[ab]	0.57[a]	0.57[a]	0.48[b]	0.0033
Egg shell breaking strength (kg/cm^2)	2.98[b]	3.29[ab]	3.48[a]	3.36[a]	3.27[b]	0.0548
Egg yolk color[3]	7.06	7.53	7.20	6.80	7.06	0.1722

[1] Dried fly larvae, [2] Standard error of means.

[3] Roche egg yolk color fan.

[a,b] Values within the same rows with different superscript are significantly different ($p<0.05$).

Table 6. Composition of fatty acids in eggs from laying hens fed experimental diets for 8 weeks (% of total fatty acids)

Fatty acids	Control	DFL[1], %				SEM[2]
		2	5	10	15	
C14:0	0.46[a]	0.67[a]	0.07[b]	0.06[b]	0.72[a]	0.2328
C16:0	21.62[a]	20.12[b]	20.83[b]	21.56[a]	19.85[b]	0.6474
C16:1n7	9.04[a]	6.60[b]	7.55[ab]	7.72[ab]	8.36[a]	0.8004
C18:0	9.87[a]	8.53[b]	8.39[b]	5.97[d]	6.40[c]	0.5050
C18:1n9	43.14[b]	43.45[b]	43.54[b]	44.79[ab]	47.50[a]	0.9729
C18:2n6	15.87[b]	20.63[a]	19.62[ab]	19.90[ab]	17.17[b]	1.4993
C18:3n6	-[5]	-	-	-	-	-
C18:3n3	-	-	-	-	-	-
C20:1n9	-	-	-	-	-	-
C20:4n6	-	-	-	-	-	-
SFA[3]	31.95[a]	29.32[b]	29.29[b]	27.59[c]	26.97[c]	1.0432
UFA[4]	68.05[c]	70.68[b]	70.71[b]	72.41[a]	73.03[a]	1.0226
Total	100	100	100	100	100	

[1] Dried fly larvae.

[2] Standard error of means, [3] Saturated fatty acid, [4] Unsaturated fatty acid, [5] Not detected.

[a~c] Values within the same rows with different superscript are significantly different ($p<0.05$).

파리 유충의 첨가에 의한 계란 난황의 지방산 조성 변화는 Table 6에 수록하였다.

계란의 지방산 가운데 불포화 지방산 함량은 총 지방산의 68.05~73.03%를 차지하였고, 대조구와 비교할 때 파리 유충 첨가 수준이 증가함에 따라서 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$). 포화지방산의 함량은 대조구와 비교해 볼 때 파리 유충 첨가 수준이 증가함에 따라서 16%까지 유의적으로 낮아졌다($p<0.05$). 포화지방산 가운데 팔미트산(16:0, palmitic acid)의 함량이 가장 높았고, 불포화 지방산 가운데 올레익산(18:1 oleic acid) 함량이 가장 높았으며, 필수 지방산인 리놀레익산(18:2 linoleic acid)이 다음으로 높게 나타났는데, 이들 지방산들은 처리구간에 유의적인 차이를 보여 주었다($p< 0.05$).

최근 일가 불포화지방산(monounsaturated fatty acid)이 고밀도 지단백 콜레스테롤(high density lipoprotein cholesterol) 함량을 일정 수준으로 유지해 주면서 유해 콜레스테롤 함량을 낮출 수 있음이 보고되었다(Mattson과 Grundy, 1985; Grundy, 1987).

일가 불포화지방산인 올레익산은 채종유 및 해바라기씨 기름에 다량 함유되어 있는 n-9 계열의 지방산으로서, 쇠고기를 비롯한 대부분 식육의 주요 지방산으로서 알려져 있으며, 고기의 맛과 관련된 소비자 기호성에 영향을 줄 수 있음이 보고되었다(Lunt와 Smith, 1991). 한편 사람에 의한 올레익산의 섭취는 혈중 유해 콜레스테롤로써 알려진 저밀도 지질단백질 콜레스테롤(low density lipoprotein cholesterol) 함량을 떨어뜨리거나 증가시키지 않는 것으로 보고되었고, 이러한 이유 때문에 건강을 위해 팔미트산과 같은 포화지방산을 올레익산으로 대치한 쇠고기를 섭취할 것을 권장한 보고도 있다(Sturdivant 등, 1992).

이러한 결과로 보아 파리 유충을 산란계 사료 내 첨가·급여해 줄 경우 일반 계란에 비해 불포화 지방산이 더 많이 강화된 계란을 생산하는데 커다란 도움이 될 것으로 사료된다.

파리 유충 첨가에 의한 계란 콜레스테롤 함량 변화는 Table 7에 잘 나타나 있다. 파리 유충 첨가 수준이 증가할수록 계란 콜레스테롤 함량은 유의적으로 높아졌으며($p<0.05$), 이러한 결과는 파리 유충 100 g에 함유된 콜레스테롤 함량이 263 mg으로 매우 높은데(Park 등, 2003) 기인하는 것으로 사료된다.

Table 7. Contents of cholesterol in egg yolks from laying hens fed experimental diets for 8 weeks

Traits	Control	DFL[1] (%)				SEM[2]
		2	5	10	15	
TC mg/g of yolk[3]	17.49[b]	17.83[b]	18.21[b]	19.99[ab]	21.52[a]	6.3081
TC mg/60g egg	273.76[c]	292.8[bc]	305.07[bc]	324.83[b]	369.12[a]	9.4279

[1] Dried fly larvae

[2] Standard error of means, [3] TC : total cholesterol.

[a~c] Values within the same rows with different superscript are significantly different ($p<0.05$).

적 요

본 연구는 산란계에서 파리 유충의 사료 영양학적 가치를 평가하고, 그 활용 가능성을 검토하고자 실시하였다. 43주령 갈색 산란계(ISA Brown) 총 90수를 51주령까지 8주 동안 각 시험사료 처리구(대조구, 파리 유충 2, 5, 10, 15% 첨가 사료)에 임의배치하여 무제한 급여하면서 사료 섭취량, 산란율, 난황색, 난중, 파란 강도, 난각 두께, Haugh unit, 계란 내 지방산 조성 및 콜레스테롤 함량을 조사하였다. 파리 유충 첨가구가 대조구에 비해서 난중이 유의적으로 높았으며($p<0.05$), 파란 강도 증가율은 14% 높게 나타나 유의적인 차이를 보였다($p<0.05$). 계란 지방산 조성은 파리 유충 첨가구가 대조구에 비해서 포화지방산의 함량은 16%까지 감소되었으나, 불포화 지방산의 함량은 7%까지 유의적으로 높게 나타났다 ($p<0.05$).

이 실험 결과 파리유충이 산란계 사료에 첨가되면 계란의 품질은 개선되었지만 난황에서 포화지방산이 증가비율이 높게 나타났다.

(색인 : 파리 유충, 호우 유니트, 지방산, 계란 콜레스테롤, 난황색)

사 사

본 연구는 (주)메티라바텍과 강원대학교 동물자원 공동연구소의 지원에 의해 이루어졌으며 이에 감사드립니다.

인용문헌

Calvert CC, Martin RD, Morgan NO 1969 Dual roles for house-flies in poultry manure disposal. Poultry Sci 48:1793.

Calvert. CC, Morgan NO, Martin RD 1970 House-fly larvae: biodegradation of hen excreta to useful products. Poultry Sci 49:588-589.

Despines JL, Axtell RC 1994 Feeding behaviour and growth of turkey poults fed larvae of darkling beetle *Alphitobius diaperinus*. Poultry Sci 73:1526-1533.

Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F test. Biometrics 11:1-42.

Folch J, Lees M, Stanley GA 1957 A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissue. J Biol Chem 226:497-509.

Grundy SM 1987 Monounsaturated fatty acids, plasma cholesterol, and coronary heart disease. Am J Clin Nutr 45:1168.

Leeson ST, Summers JD 1991 Commercial poultry nutrition. Canada NIH 6N8. 77-148.

Lunt DK, Smith SB 1991 Wagyu beef holds profit potential for U.S. feedlot. Feedstuffs 19:18.

Mattson FH, Grundy SM 1985 Comparison of effects of dietary saturated, monounsaturated, and polyunsaturated fatty acids on plasma lipid and lipoproteins in man. J Lipid Res 26:194.

Morrison WR, Smith LM 1964 Preparation of fatty acid methylesters and dimethylacetals from lipid with boron Fluoride-methanol. J Lipid Res 5:600-608.

NRC 1994 Nutrient requirements of poultry. 9th rev ed National Academic Press, Washington DC USA.

SAS 1995 SAS/STAT software for PC. User's guide. SAS Inst Cary NC USA.

Park BS, Kang HK, Lee ES, Park TJ, Yu TG 2003 Feed nutritional value of fly larvae. Annals of Animal Resources Science, Kangwon National University 14:67-75.

Sturdivant CA, Lunt DK, Smith GC, Smith SB 1992 Fatty acid

composition of subcutaneous and intramuscular adipose tissues and *M. longissimus dorsi* of Wagyu Cattle. Meat Sci 32:449.

Teotia JS, Miller BF 1970a Factors influencing catabolism of poultry manure with *Musca domestica.* Poultry Sci 49:1443.

Teotia JS, Miller BF 1970b Nutritional value of fly pupae and digested manure. Poultry Sci 49:1453.

Teotia JS, Miller BF 1974 Nutritive content of house-fly pupae manure residue. Br Poultry Sci 15:177-182.

Zuidhof MJ, Molnar CL, Morley FM, Wray TL, Robinson FE, Khan BA, Goonewardene LA 2003 Nutritive value of hoise fly larvae as a feed supplement for turkey poults. Animal Feed Science and Technology 105:225-230.