

가압열처리한 도계부산물 및 부화부산물 사료 급여가 산란능력에 미치는 영향

이 규 호

강원대학교 사료생산공학과

Effects of Feeding Autoclaved Poultry By-product and Hatchery By-product Meals on Laying Hen Performances

K. H. Lee

Department of Feed Science & Technology, Kangwon National University, Chunchon, Korea 200-701

ABSTRACT

In this experiment, three kinds of autoclaved poultry by-product meals, P1(head+feet+viscera), P2(P1+blood), and P3(P2+feathers), mixed as to the yielding ratios, and three kinds of autoclaved hatchery by-products meals, H1(male d-old chicks of egg strain), H2(dead embryos & infertile eggs), and H3(H1+H2, 2:1) were formulated into the layer diets each at 5% level, respectively, and compared with the control diets(C) containing fishmeal on laying performances and egg qualities. The egg production, average egg weight, feed intake and feed conversion were not significantly affected by the poultry or hatchery by-product meals. The egg shell qualities, such as the egg specific gravity, egg breaking strength and shell thickness, were not different among treatments. The egg yolk colour was improved by the feeding of hatchery by-products meals ($P<0.05$). In conclusion, pultry and hatchery by-product meals could be used in layer diets without any adverse effects on laying performances to substitute for fishmeal at about 5% level.

(Key words : poultry by-product, hatchery by-product, layer, egg production, egg quality)

서 론

국가경제의 발전, 국민식생활의 향상, 축산물 수요의 증가 및 가축 사육두수 증가 등 일련의 사회적 변화로 우리나라의 배합사료 생산량은 급격히 증가해 1995년도에 14,873천톤에 이르고 있으나, 배합사료 원료의 해외 의존도가 매우 높아 약 75%에 해당하는 11,234천톤을 수입하고 있으며, 국내산 원료의 사용량은 약 25%인 3,639천톤에 불과하다(농림수산부, 1996). 배

합사료 원료의 자급도가 25%인 것은 외국산 콩과 밀을 수입하여 기름을 짜고 밀가루를 만드는 과정에서 부산물로 나오는 대두박과 밀기울을 국산원료로 계산하여 나오는 수치이며, 이들 원료사료를 수입원료로 계산한다면 순수한 국산원료는 10% 미만으로 우리나라 축산업의 사료적 기반은 매우 취약한 실정이며, 주요 곡물생산국의 작황이나 환율의 변동으로 사료의 품귀와 사료가격의 상승 등 큰 어려움을 겪고 있다.

축산업의 안정적 경영과 경쟁력 향상을 위해 국내 부존 사료자원을 개발·이용하여 배합사료 원료의 자

급율을 높이는 것은 매우 중요한 일이라 생각된다. 국내 부준 사료자원중 도계부산물과 부화부산물 등 양계 부산물은 근래 우리나라 도계장과 부화장이 대규모화하여 일정한 장소에서 대량 생산되고 있으나 거의 사료로 이용되지 못하고 있을 뿐만 아니라 폐기하는 데에도 어려움을 겪고 있어서 환경오염의 위험마저 따르고 있는 실정이다.

도계부산물 사료의 급여효과에 대하여 Naber와 Morgan (1955), Fuller(1956), Wisman 등(1958), Ewing(1963) 및 Sullivan(1973) 등이 가금에 대한 우수한 단백질 공급원임을 보고한 바 있으며, 국내에서는 축산기술연구소(1993)가 육계사료에 도계부산물 사료(머리+다리+내장)의 첨가수준이 6% 이상되면 증체량이 감소한다고 하였으나, 부산물사료의 제조방법이나 제조원료 구성의 차이 등으로 보고자들 간에 결과가 잘 일치하지 않고 있다.

부화부산물 사료의 급여효과에 관하여서는 Wisman(1964), Wisman Beane(1965) 및 Vandepopuliere 등(1977)이 닭의 배합사료 원료로 이용될 수 있다고 하였으며, Miller(1984)와 Tadiyanant 등(1993)은 옥수수과 부화부산물을 일정비율로 혼합한 후 팽화하는 방법(extrusion)으로 가공하여 사료가치를 평가한 바 있다.

본 시험은 도계장과 부화장에서 생산되는 비율대로 혼합된 각종 부산물을 가압열처리하여 제조한 부산물 사료의 급여가 산란계의 산란능력에 미치는 영향을 조사하기 위하여 실시되었다.

재료 및 방법

1. 시험기간 및 장소

본 시험에 사용된 시료는 춘천도계장과 한일농원에서 각각 도계부산물과 부화부산물 원료를 수거하여 강원대학교 사료생산공학과 화학가공실험실에서 제조하였으며, 부산물사료의 산란계에 대한 사양시험을 1996년 10월 1일부터 11월 8일까지 6주간 춘천시 동면 소재 승연농장에서 실시하였다.

2. 공시재료, 시험설계 및 공시동물

본 시험에서는 Table 1에서 보는 바와 같이 도계장에서 머리, 다리, 내장, 혈액, 우모 등의 단일원료들을 따로 수거한 후, 도계시에 생산되는 생산 비율대로 혼합하여 3가지 도계부산물 사료를 만들었으며 (P1, P2, P3), 한편 부화장에서 수평아리와 사롱란을 수거한 후 H1과 H2구는 수평아리와 사롱란을 단일원료로 사용하였고, H3구는 부화율을 80%로 볼 때 생산되는 비율(2:1)대로 혼합하여 모두 3가지 부화부산물 사료를 제조하였다.

원료의 구성을 달리하는 모든 부산물사료는 원료를 혼합한 후 100~130℃의 온도와 1.0~1.3 kg/cm²의 압력 하에서 2시간 동안 가압열처리한 후 건조·분쇄하였으며, 제조된 도계부산물 사료와 부화부산물 사료의 화학적 조성은 Table 2와 같다. 사양시험에서 사용된 부산물사료의 일반성분은 AOAC(1990) 방법으로, 광물질은 원자흡광광도계로, 아미노산은 HPLC(Waters 486)로 분석하였으며, 대사에너지는 Sibbald(1976)의 TME 측정방법에 의한 수탁성계 대사시험 결과로부터 계산하였다.

어분을 5% 배합하는 대조구와 도계부산물 사료 또는 부화부산물 사료를 각각 5% 배합하는 6개 처리 등 모두 7개 처리구에 강제환우한 약 80주령의 ISA Brown 계통의 산란계 252수를 7처리 3반복에 반복당 12수씩 완전임의 배치하였다.

Table 1. Constitution of experimental by-product meals

Treatments	Constitution
Control (C)	Fish meal
Poultry by-products ¹⁾	
(P1)	Head+Feet+Viscera
(P2)	P1+Blood
(P3)	P1+Blood+Feathers
Hatchery by-products	
(H1)	Egg-type day-old chicks, male
(H2)	Dead embryos and infertile eggs
(H3)	H1+H2(2:1 in number)

1) Poultry by-product meals were constituted as the yielding ratios of offal components in raw weight basis.

Table 2. Chemical composition and ME content of by-product meals used in feeding trial

	Poultry by-product			Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	H1	H2	H3
Proximate analysis(%)						
Crude protein	56.04	61.11	71.32	60.27	39.66	50.42
Crude fat	24.15	16.29	14.09	22.15	22.02	20.32
Crude ash	13.45	11.94	9.99	6.50	31.84	20.37
Minerals						
Ca(%)	3.52	2.83	2.84	1.3	9.80	5.83
P(%)	2.04	2.29	2.22	0.66	0.51	0.60
K(%)	0.47	0.37	0.39	0.44	0.38	0.19
Na(%)	3.13	1.41	2.04	1.72	1.72	1.25
Fe(mg /kg)	0.08	0.09	0.08	0.05	0.12	0.08
Mn(mg /kg)	116.5	355.0	298.0	92.5	103.25	121.5
Zn(mg /kg)	7.50	6.50	12.5	3.0	6.0	8.0
Cu(mg /kg)	62.5	66.5	60.5	43.0	45.0	36.5
	33.0	36.5	39.0	21.5	30.0	27.5
Amino acids (%)						
Histidine	1.40	2.07	2.08	1.70	1.00	1.36
Arginine	5.52	1.23	7.62	4.65	2.65	3.89
Threonine	4.54	5.65	5.88	2.80	1.59	2.15
Alanine	2.66	3.14	4.61	3.43	2.05	2.79
Valine	2.79	3.14	4.25	3.30	2.14	2.66
Methionine	1.18	1.37	1.22	1.70	1.22	1.40
Isoluecine	1.89	2.19	3.14	2.64	1.54	1.99
Leucine	4.02	4.76	5.28	4.76	2.94	3.93
Phenylalanine	2.31	3.05	3.51	3.28	1.90	2.51
Lysine	3.62	3.91	3.56	3.74	2.30	2.78
ME(kcal /g)						
AME	3.00	2.94	2.72	3.46	2.22	2.59
AMEn	3.28	3.13	3.04	3.75	2.52	2.90

3. 시험사료

어분을 5% 배합하는 대조구(C)와 도계부산물 사료를 5% 배합하는 P1, P2 및 P3, 부화부산물 사료를 5% 배합하는 H1, H2 및 H3 등 7가지 시험사료의 배합율과 시험사료의 영양성분 계산치는 Table 3과 같이 어분과 도계부산물 및 부화부산물 사료들의 배합율을 5%로 동일하게 하였으나, 다른 원료사료들의 배합율을 조정하여 모든 시험사료들의 단백질, 에너지, 칼

슘 및 인 등 영양소 함량은 같게 하였으며, 아미노산 함량은 조정하지 않았다.

4. 조사항목 및 조사방법

산란수와 난중은 매일 오후 5시에 각 처리의 반복별로 총 산란수와 모든 정상란의 무게를 측정하였으며, 산란율은 hen-day 산란율(%)로 평균난중은 정상란의 평균난중(g/개)으로 표시하였고, 1일 1수당 산란량은 총산란수에 평균난중을 곱한 후 같은 기간의 생

Table 3. Formula and chemical composition of experimental diets

	Poultry by-products			Control	Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	C	H1	H2	H3
Ingredients(%) :							
Corn, yellow	65.5	67.0	69.0	66.0	65.5	64.0	66.0
Wheat bran	5.1	4.0	2.5	5.3	3.9	7.25	4.35
Soybean meal	14.0	13.5	14.0	13.8	15.0	12.5	13.5
Corngluten meal	1.5	1.5	0.5	1.2	2.5	2.0	2.5
Fish meal	—	—	—	5.0	—	—	—
Poultry by-products							
P1	5.0	—	—	—	—	—	—
P2	—	5.0	—	—	—	—	—
P3	—	—	5.0	—	—	—	—
Hatchery by-products							
H1	—	—	—	—	5.0	—	—
H2	—	—	—	—	—	5.0	—
H3	—	—	—	—	—	—	5.0
Limestone	7.65	7.80	7.80	7.45	6.45	7.60	7.00
Calcium phosphate	0.80	0.75	0.75	0.80	1.20	1.20	1.20
Salt	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Choline chloride ¹	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Vit.-min. mixture ²	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Total	100	100	100	100	100	100	100
Chemical composition ³							
CP, %	15.50	15.49	15.56	15.49	15.55	15.54	15.54
ME, kcal /kg	2755	2753	2754	2756	2758	2754	2757
Methionine, %	0.27	0.28	0.26	0.28	0.30	0.30	0.29
Lysine, %	0.71	0.71	0.68	0.71	0.65	0.71	0.66
Ca, %	3.25	3.26	3.25	3.26	3.26	3.25	3.26
Non-phytate P, %	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.26	0.25

¹ Contained per kg : choline chloride 250g.

² Contained per kg : vit. A, 10,000,000IU ; vit. D₃, 1,800,000IU ; vit. E, 10,000IU ; vit. K, 2,000 mg ; vit. B₁, 500mg ; vit. B₂, 5,000mg ; vit. B₆, 3,000mg ; vit. B₁₂, 15mg ; pantothenic acid, 10,000mg ; niacin, 25,000mg ; biotin, 120mg ; folic acid, 700mg ; Fe, 30,000mg ; Co, 400mg ; Cu, 4,000mg ; Mn, 50,000mg ; Zn, 40,000mg ; I, 600mg ; Se, 100mg.

³ Calculated values.

존계 연수수로 나누어 계산하였다.

사료섭취량은 매주 오후 5시에 잔량을 측정하여 총 섭취량을 구한 후 같은 기간의 생존계 연수수로 나누어 1일 1수당 사료섭취량으로 표시하였고, 사료요구율은 처리간에 난중의 차이가 없었으므로 계란 1개당 사료요구량(g)으로 표시하였다.

난질조사용 계란은 7처리 3반복에 반복당 10개씩 모두 210개를 사용하였으며, 계란 비중은 증류수와 시약용 NaCl을 이용하여 비중 1.060, 1.070, 1.080, 1.090 및 1.100의 용액을 만들고, 비중이 낮은 용액부터 계란을 차례로 담그어 계란이 뜨는 용액의 비중을 계란의 비중으로 하였고, 난각 강도는 유압식 난각 강도계

(FN 597)로 계란이 파손되는 순간의 압력 (kg/cm²)을 측정하였으며, 난각 후도는 계란의 적도 부분의 서로 다른 쪽에서 2개의 파편을 취하여 난각후도계(FM 595)로 두께(μm)를 측정하였고, 난황색은 Roche회사의 yolk colour fan을 이용하여 난황색도를 비교하였다.

결과 및 고찰

도계장에서 생산되는 비율대로 혼합하고 가압열처리한 3종의 도계부산물사료 즉 P1, P2 및 P3와 3종의 부화부산물사료 즉 H1, H2 및 H3를 산란계 사료에 각각 5%씩 배합하는 6개시험구와 어분 (단백질 60%)을 5% 배합한 대조구(C)등 7개처리로 6주간 사양시험한 결과 hen-day 산란율과 평균난중은 Tables 4와 5에서 보는 바와 같다. 즉 산란율은 대조구(C)가 66.7% 였는데 비해 도계 부산물구들 (P1-P3)은

62.7~72.3%, 부화부산물구들(H1-H3)은 66.4~72.6%로 처리에 따라 외견상 상당한 차이가 있었으나 통계적인 유의성은 없었으며, 평균난중도 처리간에 유의적인 차이가 없었다. 산란율과 평균난중으로부터 계산한 1일1수당 산란량도 Table 6에서 보는 바와 같이 대조구(C)가 45.6g이었는데 비해 도계부산물구들은 42.7~48.8g, 부화부산물들은 44.9~49.9g으로 처리간에 통계적인 유의차가 없었다.

이상에서 산란율과 평균난중 및 1일 산란량에서 유의차가 없었던 것은 부산물과 어분의 배합량은 같았어도 다른 원료사료들의 배합량을 조절하여 모든 시험사료의 영양소 함량을 같게 하였기 때문이며, 모든 부산물구 사료들은 산란계 사료에서 어분을 대체하여 사용될 수 있다고 할 수 있다.

1일 1수상 평균 사료섭취량은 Table 7에서 보는 바와 같으며, 모든 처리구에서 약 130g 내외로 처리간에 통계적인 유의차가 없었고, 사료섭취량이 다소 많았던

Table 4. Effects of feeding poultry and hatchery by-product meals on hen-day egg production

Week	Poultry by-products			Control	Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	C	H1	H2	H3
 %						
1st	62.7	71.8	72.2	68.7	74.2	69.8	65.1
2nd	61.1	69.4	75.8	65.5	73.4	65.6	64.3
3rd	64.3	72.8	68.7	69.0	70.2	69.1	68.7
4th	65.1	66.3	73.8	65.5	73.4	65.7	66.3
5th	59.5	67.1	71.8	64.7	71.8	68.3	67.1
6th	63.9	69.4	75.2	65.3	72.9	73.0	67.2
Mean	62.7±5.69	69.3±10.62	72.3±4.93	66.7±3.68	72.6±6.33	68.2±5.41	66.4±5.71

Table 5. Effects of feeding poultry and hatchery by-product meals on average egg weight

Week	Poultry by-products			Control	Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	C	H1	H2	H3
 g						
1st	67.9	67.3	67.0	67.4	67.8	67.7	67.2
2nd	68.3	67.1	64.4	68.2	68.5	67.6	67.2
3rd	64.5	66.0	66.1	68.7	70.0	66.4	67.2
4th	68.3	68.3	67.5	67.8	68.2	68.0	68.2
5th	70.5	68.6	67.7	68.6	69.7	69.0	67.7
6th	69.7	68.5	68.3	69.3	68.3	67.7	68.4
Mean	68.0±0.81	67.5±1.27	67.5±1.47	68.4±2.00	68.8±1.46	67.7±0.81	67.6±1.23

Table 6. Effects of feeding poultry and hatchery by-product meals on daily egg mass production

Week	Poultry by-products			Control	Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	C	H1	H2	H3
 g / hen						
1st	42.6	48.3	48.4	46.3	50.3	47.3	43.7
2nd	41.7	46.6	51.1	44.7	50.3	44.3	43.2
3rd	41.5	47.3	45.3	47.6	49.0	46.0	46.2
4th	44.5	45.2	49.8	44.9	50.1	44.6	45.4
5th	41.9	46.0	48.7	44.3	50.1	47.2	45.5
6th	44.5	47.6	51.3	45.3	49.8	49.4	46.0
Mean	42.7±4.03	46.7±6.78	48.8±4.36	45.6±3.70	49.9±3.42	46.2±4.12	44.9±5.14

Table 7. Effects of feeding poultry and hatchery by-product meals on daily feed intake

Week	Poultry by-products			Control	Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	C	H1	H2	H3
 g / hen						
1st week	122.2	126.0	120.4	129.6	126.6	123.6	125.6
2nd	127.6	126.2	120.4	125.6	127.2	128.0	122.8
3rd	136.3	140.1	135.7	132.3	131.5	134.3	135.5
4th	129.8	133.3	130.2	129.8	128.8	133.1	127.2
5th	129.0	140.1	132.1	128.8	133.3	131.6	131.5
6th	129.2	135.1	125.0	132.6	124.0	126.6	125.4
Mean	129.0±2.80	133.3±6.38	130.0±1.36	129.6±1.65	129.0±2.92	129.7±5.40	127.7±3.59

것은 강제환우를 실시한 약 80주령의 노계를 사용하였으며, 계절이 낮은 가을로 기온이 다소 낮았기 때문이라 생각된다.

산란율과 평균난중에서 처리간에 유의적인 차이가 없어서 계란 1개당 사료요구량(g)으로 표시한 사료요

구율은 Table 8에서와 같이 대조구가 194.8g인데 비해 도계부산물구들은 179.8~206.8g, 부화부산물구들은 188.7~193.3g으로 역시 처리간에 유의적인 차이가 없었으며, 사료요구량이 전반적으로 높았던 것은 노계의 산란율이 저조하고 사료섭취량이 많았기 때문이

Table 8. Effects of feeding poultry and hatchery by-product meals on feed consumed per egg

Week	Poultry by-products			Control	Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	C	H1	H2	H3
 g						
1st	196.5	177.2	167.0	189.5	171.6	177.7	193.1
2nd	208.9	184.1	160.4	191.9	175.8	195.7	191.5
3rd	217.0	195.7	198.9	193.2	188.5	194.6	193.8
4th	204.4	211.2	176.5	197.4	177.5	203.0	192.9
5th	218.1	210.1	185.6	202.2	187.7	198.1	199.9
6th	202.7	199.1	167.3	204.1	170.4	175.8	188.4
Mean	206.8±17.7	194.7±22.5	179.8±10.5	194.8±12.9	188.7±17.0	191.0±17.3	193.3±16.2

Table 9. Effects of feeding poultry and hatchery by-product meals on egg shell qualities and yolk colour

	Poultry by-products			Control	Hatchery by-products		
	P1	P2	P3	C	H1	H2	H3
Egg specific gravity	1.086±0.003	1.089±0.001	1.091±0.002	1.090±0.002	1.089±0.002	1.087±0.004	1.088±0.001
Shell breaking strength (kg/cm ²)	3.30±0.23	3.55±0.05	3.57±0.10	3.19±0.18	3.74±0.17	3.33±0.36	3.38±0.13
Shell thickness (µm)	387.9±12.2	387.1±3.7	393.7±11.4	383.2±11.2	382.9±6.5	381.8±14.0	383.3±6.5
Egg yolk colour ¹	8.12±0.20 ^{ab}	8.05±0.38 ^{ab}	7.75±0.28 ^{ab}	7.43±0.25 ^b	8.30±0.30 ^a	8.43±0.25 ^a	8.13±0.42 ^a

¹ Roche yolk colour fan score.

^{ab} Mean±SD with different superscripts in the same column are significantly different (P<0.05).

다.

사양시험 종료시에 반복당 10개 처리당 30개의 계란을 수집하여 난각질과 난황색을 조사한 결과는 Table 9에서 보는 바와 같다. 즉 계란의 비중과 난각파괴 강도 및 난각후도로 표시한 난각질은 모든 처리구간에 차이가 없어서 시험사료의 칼슘과 인의 함량을 동일하게 조정한다면 도계부산물 및 부화부산물도 난각질에 나쁜 영향이 없이 잘 이용될 수 있다고 할 수 있다. 난황색은 비교한 결과 대조구와 도계부산물 사료구들 간에는 유의적인 차이가 없었으나, 부화부산물구들은 모두 대조구보다 유의적으로 높은 난황색도를 나타냈는데 (P<0.05), 이것은 초생추와 사롱란 속에 남아있는 난황중 xanthophylls 때문인 것으로 생각된다.

이상의 사양시험 결과로 볼 때 모든 도계부산물 사료와 부화부산물 사료를 배합사료의 영양수준을 동일하게 조정할 경우 산란계 사료에서 산란능력이나 사료 효율 및 난질에 나쁜 영향없이 어분을 대치하여 약 5% 정도 사용할 수 있다고 보여진다.

적 요

본 시험에서는 도계장에서 생산되는 비율대로 혼합하고 가압열처리한 P1 (머리+다리+내장), P2 (P1+혈액) 및 P3 (P2+우모) 등 3가지 도계부산물 사료와, H1(난용계 수평아리), H2(난용계 및 육용계

사롱란) 및 H3(H1+H2, 2:1) 등 3가지 부화부산물 사료 및 (C) 어분을 각각 산란계 사료에 5%씩 배합하고 산란능력과 난질을 비교하였다. 산란율과 난중, 사료섭취량 및 사료요구율 등 모든 산란계 능력에서 모든 부산물 사료구들은 대조구와 유의적인 차이가 없었으며, 난각질에서도 처리간에 유의적인 차이가 없었으나, 난황색은 부화부산물구가 대조구보다 유의적으로 향상되었다 (P<0.05). 결론적으로 도계부산물 사료와 부화부산물 사료들은 산란능력과 난질에 나쁜 영향 없이 산란계사료에서 어분을 대치하여 5% 정도 사용될 수 있었다.

(색인 : 도계부산물, 부화부산물, 산란, 능력, 난질)

인용문헌

- AOAC 1990 Official methods of analysis. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington DC.
- Ewing WR 1963 Poultry Nutrition 22nd. ed. The Ray Ewing Co. Publisher. Pasadena, CA.
- Fuller HL 1956 The value poultry by-products as sources of protein and unidentified growth factors in broiler rations. Poultry Sci 35: 1143.
- Miller BF 1984 Extruding hatchery wastes.

- Poultry Sci 63:1284-1286.
- Naber EC and Morgan CL 1995 Feather meal and poultry meal scrap in chick starting rations. Poultry Sci 35:888-895.
- Sibbald IR 1976 A rapid bioassay for true metabolizable energy in feedingstuffs. Poultry Sci 55:303-308.
- Sullivan TW, Kuhl HJ, Holder DP, Kubicek JJ 1973 Comparative evaluation of phosphoric acid-process poultry by-product meal and meat and bone meal in turkey diets. Poultry Sci 52:2091-2092(Abstr).
- Tadtiyanant C, Lyons JJ, Vandepopuliere JM 1993 Extrusion processing used to convert dead poultry, feathers, eggshells, hatchery waste, and mechanically deboned residue into feedstuffs for poultry. Poultry Sci 72:1515-1572.
- Vandepopuliere EL, Kanungo HK, Walton HV, Cotterill OJ 1977 Broiler and egg type chick hatchery by-product meal' evaluated as laying hen feedstuffs. Poultry Sci 56:1140-1144.
- Wisman EL, Holmes CE, Engel RW 1958 Utilization of poultry by-products in poultry rations. Poultry Sci 37:834-838.
- Wisman EL 1964 Processed hatchery by-product as an ingredient in poultry rations. Poultry Sci 53:871-875.
- Wisman EL, Beane WL 1965 Utilization of hatchery by-product meal by the laying hen. Poultry Sci 54:1332-1333.
- 농림수산부 1996 농림수산 주요 통계.
- 축산기술연구소 1993 축산시험 연구 보고서.