

남은 음식물 발효사료가 산란계의 난생산성과 계란품질에 미치는 영향

정승헌 · 이상락 · 김 철 · 안정제 · 맹원재 · 권윤정¹

건국대학교 영양자원학과, ¹건국대학교 섬유공학과

The Effects of Feeding Fermented Food Waste on the Egg Production and Egg Quality in Laying Hen

S. H. Chung, S. R. Lee, C. Kim, J. J. Ahn, W. J. Maeng and Y. J. Kwon¹

Department of Nutrition Resources, Konkuk University, ¹Department of Textile Engineering, Konkuk University

ABSTRACT : An experiment was conducted to investigate the effects of feeding fermented food waste on the egg production and egg qualities in laying hens. A total of 30 commercial layer (ISA Brown) at the age 58 weeks were placed in individual cages and fed for 40 days one of 4 diets ; commercial layer feed (control, C100%), fermented food waste (F100%), a mixture of 80% commercial feed and 20% fermented food waste (C80% + F20%), a mixture of 50% commercial feed and 50% fermented food waste (C50% + F50%), and a mixture of 20% commercial feed and 80% fermented food waste (C20% + F80%). Daily measurements were made on feed intake, egg production rate, egg weight, yolk color, Haugh unit, shell thickness, and shell color during the experimental period. At the end of the experiment, body weight change and egg cholesterol contents were determined. The results indicate that up to 50% of basal diet could be supplied by fermented food waste with little depression in feed intake and efficiency in egg production ($P < 0.01$). Egg weight, egg shell thickness and Haugh units were not significant different between the treatments and the control. Egg color quality improved with increasing the proportion of the fermented food waste in the diet.

(Key words : food waste, egg production, egg color, egg weight, egg shell)

서 론

국민 생활 수준 향상에 따라 식생활문화도 다양하게 변화되고 있으며, 이 과정에서 각종 음식물 가공 장소로부터 배출되는 여러 가지 남은 음식물(음식물 쓰레기)은 이제 가정과 식당의 문제가 아니라 전 사회적 문제로 확대되고 있어 국가적 차원에서도 정책 수립에 중요한 과제로 등장하였다. 현재 전 세계적으로 자원이 고갈되어 "자원 전쟁"을 방불케하고 있는 시점에서 음식물 쓰레기 배출량은 매년 증가되고 있으며 퇴비화나 매립 또는 소멸화에 의한 처리는 그 한계점을 노출하고 있어 상정성이 높은 가축사료로 재활용할 수 있는 체계적 연구가 요구되고 있다. 또한 음식물 쓰레기 감량화 정책에 따라 음식물 쓰레기 처리기의 수요가 증대하여 그 제조업체는 1993년도 10개사에서 1996년 75개사로 대폭 증가되었고 이중 72%가 고온 건조 또는 발효 건조 방식을 채택하고 있다(환경부, 1997). 그 동안 이러한 처리 부산물의 재활용 방안으로 퇴비화를 적극적으로 실시하여 왔으나 충분히 숙성되지 아니하고 염분함량이 높아 토양과 농작

물에 악영향을 미쳐 장기 숙성과 염분함량을 낮추기 위한 2차 가공이 필요한 것으로 판단되어 정부에서도 음식물 쓰레기의 1차적인 활용 방안으로 사료화를 모색하며 정책적으로 뒷받침하고 있다.

따라서 우리나라 남은 음식물은 비록 염분 함량이 3.5% 내외로 높지만 단백질, 지방 및 무기물 등의 함량이 높아(김, 1997) 부존 사료자원으로 충분히 활용될 수 있을 것이며, Draper (1945), Soliman 등 (1978a, b), Hoshii 등 (1981), Lipstein (1984, 1985) 등도 육계와 산란계의 사료자원으로 영양적 가치가 있다고 보고하고 있다. 이에 본 실험은 발효 건조 남은 음식물을 산란계에 배합사료와 대체 급여하여 사료섭취량, 산란율 및 계란의 여러 가지 품질에 미치는 영향을 평가하기 위해 실시하였다.

재료 및 방법

1. 실험동물

56주령의 ISA Brown 산란계 36수를 2주간 3단 케이지에서 구분 사양하여 시험에 적응시킨 후 5처리 3반복에 반복

당 2수씩 총30수를 선발하여 40일간 실험동물로 공시하였다.

2. 실험설계

시판 배합사료 (commercial layer feed, C) 급여구를 대조구로하고 시판배합사료 80% + 발효건조사료 20% (commercial layer feed 80%+fermented food waste 20%, C80+F20) 처리구, 시판배합사료 50%+발효건조사료 50% (commercial layer feed 50%+fermented food waste 50%, C50+F50) 처리구, 시판배합사료 20%+발효건조사료 80% (commercial layer feed 20%+fermented food waste 80%, C20+F80) 처리구 및 발효건조사료 100% (fermented food waste 100%, F100)처리구 등 5처리구 3반복으로 임의 배치하였다.

3. 실험사료 제조

발효건조사료 (fermented food waste)는 단체급식소에서 발생된 남은 음식물을 간이 탈수 후 호기성 미생물군을 고정화한 발효촉진제로 고속발효 분해하는 발효장치에서 24시간 발효시켜 disc mill로 분쇄하였다. 실험사료는 시판 산란계 사료를 기초사료로하여 발효건조사료를 20, 50, 80 및 100% 대체하여 제조하였다. 실험사료의 화학적 성분은 Table 1과 같다.

4. 실험동물 관리

실험동물은 경기도 용인군 소재 산란 전문 양계장에서 3단케이지로 사육하였고 일일 수당 평균 130g씩 실험사료를

급여하였으며 섭취가 불량하여 잔량이 많을 경우 공급을 제한하였다. 급수는 니플 급수로 자유롭게 먹을 수 있게 하였고 짐등관리는 농장 관행에 따랐으며 실험기간중 계사 내 평균 온도는 아침 7~11℃, 낮 12~21℃이었다.

5. 조사항목 및 분석 방법

1) 일반화학적 성분 및 총에너지

실험사료는 AOAC(1990)방법에 의하여 수분, 조단백질, 조지방, 조섬유, 조회분, Ca, P, NaCl 등을 구하였으며, 총 에너지는 HN-20S칼로리 측정기(Toa Co., Japan)로 구하였다.

2) 증체량 및 사료섭취량

증체량은 실험개시와 실험종료시 체중을 측정하여 구했으며, 사료섭취량은 매일 수당 평균 130g씩 실험사료를 급여한 후 섭취가 불량하여 잔량이 많을 경우 공급을 제한해서 1주일 간격으로 섭취량을 측정하였다.

3) 산란율 및 난중

산란율은 실험기간중 매일 채집하여 처리구별로 총산란수를 사육두수로 나누어 백분율로 구하였고, 난중은 매일 채집한 계란을 전자저울을 이용하여 처리구별로 측정하였다.

4) 난각 두께

난각 두께는 Digmatic indicator (Mitutoyo Co., Japan)로

Table 1. Chemical composition of the experimental diets¹

Items	Treatments				
	Control	C80%+F20%	C50%+F50%	C20%+F80%	F100%
DM	88.04	88.92	90.25	90.9	92.63
	% of DM				
CP	17.50	19.95	22.11	23.83	25.44
EE	1.37	4.43	4.60	6.03	7.59
CF	3.68	3.56	3.93	4.64	4.88
Ash	11.85	8.37	9.82	9.22	9.46
Ca	3.94	2.65	2.32	1.65	1.81
P	0.43	0.49	0.55	0.64	0.84
NaCl	0.55	1.23	2.12	3.06	3.65
Kcal/kg	2605.13	2754.42	3705.99	3949.80	3963.49
C/P ratio	148.8646	138.0662	167.616	165.7491	155.7976

¹ Abbreviations are C, control fed 100% commercial layer feed; F, food waste. Proportions of commercial layer feed and food waste fed in each treatments were presented as C80%+F20% and so on; CP, crude protein; CF, crude fiber and EE, ether extracts.

난각의 둔단부, 예단부 및 중앙부를 측정하였다.

결과 및 고찰

5) 난황계수

Mitutoyo사의 켈리퍼스로 난황의 높이와 지름을 측정하여 Sauter 등(1951)의 방법으로 다음 공식에 의하여 난황계수를 구하였다.

$$\text{난황계수} = \frac{\text{난황의 높이}}{\text{난황의 직경}}$$

6) Roche color unit

난황색은 Roche yolk color fan (Printed in Switzerland)으로 색도를 측정하였다.

7) Haugh unit

Haugh unit 측정기 (Mitutoyo Co., Japan)로 난백의 높이를 측정하여 Raymond Haugh (1937)방법에 의하여 다음 공식으로 계산하였다.

$$\text{Haugh unit} = 100 \log \left[H - \frac{\sqrt{G(300W^{0.37} - 100)}}{100} + 1.9 \right]$$

8) 콜레스테롤 정량

각 처리구의 계란 난황을 300 μ m의 체를 통하여 난황막 및 알끈을 제거하고 잘 균질한 후 이것을 시료로 하여 콜레스테롤 정량 실험을 2반복 실시하였다. 콜레스테롤 정량 kit (Boehringer Mannheim Co., Cat. No. 139050)를 사용하여 측정하였다.

6. 통계처리

통계분석은 통계 SAS (Statistical Analysis System, Ver 6.04 USA, 1989)를 이용하여 각 처리구간의 평균값을 Duncan's multiple range test로 비교, 검정하였다 (Steel과 Torry, 1980).

1. 사료섭취량

시판 배합사료에 남은 음식물 발효건조사료 20, 50, 80 및 100%대체시 산란계의 사료섭취량을 Table 2에 나타내었다. 사료섭취량은 남은 음식물 발효건조사료의 20, 50% 대체시 대조구와 차이를 나타내지 않았고, 80% 이상 대체시 낮아졌으며, 100% 급여시 가장 낮아 유의적 차이가 나타났다 ($P < 0.01$). 그러나 Soliman 등 (1978 b)은 대중음식점 남은 음식물을 7주 동안 산란계에 10, 20, 30, 40 및 50% 대체 급여한 실험에서 사료섭취량은 대조구가 6.30 (kg/hen)이고, 10, 20, 30, 40 및 50%대체시 각각 7.05, 7.23, 7.65, 7.81 및 9.54 (kg/hen)로 대조구와 유의적인 차이가 없었고, 대체수준이 증가할수록 에너지함량이 감소하여 처리구간의 차이가 나타났다고 보고했으며, Yoshida 등 (1979)과 Lipstein (1985)도 유사한 결과를 보고했다. 또한 김 등 (1982)은 산란계에 NaCl 1.05% 수준은 사료섭취량에 영향을 미치지 못했다고 보고하였다. 이러한 차이는 본 실험사료를 20% 대체시 NaCl 함량이 1.23%이고 남은 음식물 발효건조사료 50% 이상 대체시 NaCl 함량이 2% 이상 되며, 우리나라 남은 음식물의 영양 특성상 남은 음식물 발효건조사료의 대체수준이 증가할수록 에너지 함량이 증가하여 사료섭취량은 남은 음식물 발효건조사료 대체수준이 증가할수록 낮아지는 것으로 생각된다.

실험초기에 20, 80 및 100% 대체 처리구에서 사료섭취량이 낮았으나 실험이 진행됨에 따라 섭취량이 증가하는 경향을 나타내 쉽게 적응하였으며, 50% 처리구에서는 2주째까지 증가하다 점점 감소하는 경향을 보였으나 유의성은 없었다. 이처럼 대조구에 비하여 사료섭취량이 감소한 것은 남은 음식물 발효건조사료의 대체수준이 증가할수록 염분함량이 높아져 수분 섭취가 늘어나면서 급여된 사료의 덩어리가 많아지고, 건조사료의 입자가 미세하며 전분질 함량이 높아 부

Table 2. The effects of fermented food waste on feed intake of laying hen

Weeks	Control	C80%+F20%	C50%+F50%	C20%+F80%	F100%
1	812.33 \pm 14.51	838.00 \pm 6.42	791.83 \pm 15.10	655.83 \pm 51.27	552.67 \pm 30.87
2	862.63 \pm 9.39	861.07 \pm 9.53	870.83 \pm 23.04	731.67 \pm 42.65	559.47 \pm 41.37
3	866.60 \pm 0	867.30 \pm 0	843 \pm 0	752.50 \pm 0	604.10 \pm 0
4	872.33 \pm 3.43	899.50 \pm 23.04	781.33 \pm 83.89	777.00 \pm 42.19	657.17 \pm 39.68
Overall	853.48 \pm 8.21 ^a	860.51 \pm 5.82 ^a	821.88 \pm 24.50 ^a	729.25 \pm 23.67 ^b	593.35 \pm 20.26 ^c

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

리 주위에 달라붙는 등 산란계의 사료섭취 특성상 스트레스가 그 원인이 될 수 있어 가공을 통한 형태적 변화를 시도하면 섭취량에 긍정적 효과를 미칠 수 있을 것으로 사료된다.

2. 산란율 및 난중

Table 3에 남은 음식물 발효건조사료 대체시 각 처리구의 산란율을 나타냈다. 남은 음식물 발효건조사료를 20, 50% 대체시 대조구와 큰 차이가 없었고, 80% 이상 대체시 낮아지는 경향을 보였다($P<0.01$). Soliman 등(1978b) 과 Lipstein (1985)은 남은 음식물을 50%와 15% 대체시 산란율에 차이가 없다고 보고하여 본 실험과 유사한 결과를 보였다. 실험 기간동안 산란율은 20%, 80% 대체시 3주째 산란율이 낮았으나 나머지 기간동안에는 큰 변화가 없었고, 50% 대체시 2주 이후 감소하는 경향을 보였으며, 남은 음식물 발효건조사료 100% 대체시는 실험초기부터 감소하는 경향을 나타냈다.

난중에 대한 결과는 Table 4에 나타냈으며, 60.68~64.83g으로 모든 처리구에서 난중의 유의적인 차이는 없었다. 이는 Lipstein (1985)의 보고와 유사한 결과지만, Soliman 등 (1978b)은 대조구 (50.60g)와 남은 음식물 대체구간 (51.00~53.70g)의 유의성이 있다고 보고하여 본 실험과 차이를 나타냈다.

3. 계란의 품질

1) 난각 두께

난각 두께에 대한 성적을 Table 5에 나타냈다. 난각의 두께는 둔단부, 예단부와 중앙부에서 대조구와 처리구간의 차이는 없었고, 남은 음식물 발효건조사료 100%급여구에서 다소 낮게 나타났다. 일반 계란의 난각 두께인 0.31~0.33mm 보다 0.361~0.411mm로 우수한 품질을 나타냈으나

Table 3. The effects of fermented food waste on egg production of laying hen

Weeks	Control	C80%+F20%	C50%+F50%	C20%+F80%	F100%
1	86.19±3.20	85.71±3.37	88.09±1.94	73.81±1.94	59.52±12.74
2	85.71±0.00	90.48±1.94	90.48±5.14	73.81±3.89	40.48±5.14
3	92.86±3.36	73.80±3.89	88.09±5.14	64.29±3.37	28.57±5.14
4	95.24±1.94	78.57±6.73	80.95±10.28	73.81±1.94	23.81±1.94
Overall	87.50±2.13 ^a	82.14±3.98 ^{ab}	86.90±5.62 ^a	71.42±2.79 ^b	38.10±5.48 ^c

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

Table 4. The effects of fermented food waste on egg weight of laying hen¹

Weeks	Control	C80%+F20%	C50%+F50%	C20%+F80%	F100%
1	61.56±3.30	60.33±1.15	65.68±3.77	65.23±1.00	63.99±0.31
2	65.39±2.99	60.07±1.50	65.63±3.31	63.56±2.10	65.01±0.42
3	66.58±2.23	62.65±0.73	62.89±2.97	65.51±4.41	65.33±0.98
4	65.31±2.03	59.65±0.50	62.21±3.58	65.04±1.36	66.31±1.55
Overall	64.71±1.32	60.68±0.62	64.10±1.77	64.83±0.95	65.32±0.52

¹ The data were presented as means±SE. No significance was found.

Table 5. The effects of fermented food waste on the egg shell thickness

Treatments	Egg shell thickness (mm)		
	Large band	Sharp end	Middle
Control	0.371±0.00	0.375±0.03 ^{ab}	0.391±0.02 ^{ab}
C80%+F20%	0.393±0.04	0.373±0.04 ^{ab}	0.406±0.03 ^a
C50%+F50%	0.377±0.03	0.402±0.03 ^a	0.393±0.01 ^a
C20%+F80%	0.352±0.04	0.384±0.03 ^{ab}	0.411±0.02 ^a
F100%	0.331±0.03	0.330±0.02 ^b	0.361±0.02 ^b

^{a,b,c} Means±SE in the same column with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

Soliman 등 (1978b)과 Lipstein (1985)은 난각 두께에 차이가 없다고 보고하였다. 본 실험에서 난각을 구성하는 주요 성분인 Ca 함량은 대조구가 3.94%인데 반하여 각 처리구의 경우 1.18~2.65%로 낮았으나 난각의 품질에 차이가 없어 남은 음식물 발효건조사료의 긍정적인 효과를 기대해 볼 수 있을 것이다.

2) 난황계수, Haught unit와 cholesterol

난황계수, Haught unit와 cholesterol에 대한 결과를 Table 6에 나타냈다. 난황계수는 0.46~0.51로 신선란의 난황계수 0.44~0.36에 비해 높은 수치를 보였다. 전반적으로 대조구의 0.47보다도 약간 높은 경향을 나타냈으며 남은 음식물 50% 대체구가 0.51%로 가장 높았으나 유의성은 없었으며, Soliman 등 (1978b)도 대조구 (0.50)와 처리구간 (0.50~0.51)에 유의성이 없다고 하였다. Haught unit는 보통란이 76~80으로 대조구가 80이고, 20% 대체구 76.38, 50% 대체구 79.99, 80% 대체구 83.36 및 100% 대체시 83.36으로 모두 양호하였으며, 남은 음식물 발효건조사료 대체수준이 증가할수록 Haught unit가 증가하였다. Soliman 등 (1978b)은 대조구(93.10)와 처리구간(82.80~94.80) 유의성이 나타나지만 50% 대체구에서 94.80으로 가장 높았다고 보고하여, 본 실험과 유사한 경향을 나타냈다. Cholesterol 함량은 전반적

으로 대조구보다 남은 음식물 발효건조사료 대체구에서 약간 높았으며, 남은 음식물 발효건조사료 20% 대체구에서 2.063%로 가장 높게 나타났다.

3) 난황색(Egg yolk color)

난황색의 성적을 Table 7에 나타냈다. Roche color unit는 대조구에서 6.0이었고, 남은 음식물 발효건조사료를 20, 50, 80 및 100%로 대체할수록 Roche color unit가 8.3, 10.2, 11.5 및 11.5로 증가하여 난황색이 좋아졌다. 난황색 개선 효과에 대한 실험에서 최 등 (1988)은 고춧가루 0.05% 첨가시 7.85, 허준무(1997)는 고추씨 3.0% 처리시 9.35로 보고하였는 데 본 실험에서는 남은 음식물을 대체한 처리구가 최고 11.5로 훨씬 높게 나타났다. 이는 남은 음식물에 난황색을 개선시키는 carotenoid계 색소가 풍부한 고추와 김치 양념류 등 야채류가 많이 포함되어 있기 때문으로 생각된다.

적 요

본 실험은 남은 음식물 발효건조사료를 산란계 배합사료와 20, 50, 80, 및 100% 대체 급여하여 사료섭취량, 산란율 및 계란의 여러 가지 품질에 미치는 영향을 평가하였다. 5처리 3반복에 반복당 2수씩 총30수를 선발하여 4일간 실험동

Table 6. The effects of fermented food waste on egg yolk index, Haught unit and cholesterol¹

Treatments	Egg shell thickness (mm)		
	Egg yolk index	Haught unit	Cholesterol (%)
Control	0.47±0.03	80.06±4.12	1.596±0.095
C80%+F20%	0.46±0.02	76.38±5.17	2.063±0.074
C50%+F50%	0.51±0.04	79.99±6.69	1.787±0.066
C20%+F80%	0.48±0.01	83.36±3.88	1.848±0.071
F100%	0.49±0.04	83.36±7.55	1.711±0.017

¹ The data were presented as mean±SE. No significance was found.

Table 7. The effect of fermented food waste on the egg color

Treatments	Roche color unit	Hunter color		
		L=89.2	a=0.92	b=0.78
Control	6.0±1.0 ^c	50.10±0.60	2.7±0.83	31.7±0.31
C80%+F20%	8.3±1.7 ^{bc}	44.96±1.73	7.1±1.70	28.5±1.07
C50%+F50%	10.2±1.2 ^{ab}	44.4 ±1.59	8.4±1.51	27.4±0.75
C20%+F80%	11.5±0.5 ^a	42.1 ±1.30	10.7±0.67	25.7±0.66
F100%	11.5±3.5 ^a	42.19±3.28	10.4±2.23	25.0±1.34

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

물을 공시하여 급여한 결과, 사료섭취량은 남은 음식물 발효 건조사료 대체비율 50%까지는 차이가 없었고, 80% 이상이면 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.01$). 평균 난중은 각 처리구 간에 큰 차이가 없었고 20% 대체구가 약간 낮았으나, 처리구간에 유의성은 없었다. 산란율은 대조구가 $87.50 \pm 2.13\%$ 였으며 50% 대체 시까지 약간 감소하였으나 큰 차이는 없었으며 80% 대체시부터 유의적으로 감소하였다 ($p < 0.01$). 난각 두께는 대조구와 처리구 사이에 차이는 없었고, 남은 음식물 발효건조사료 100% 급여구에서 다소 낮게 나타났다. 난황계수는 0.46~0.51로 50% 대체구에서 약간 높았고, Haugh unit는 80% 이상 대체시 83.36으로 높게 나타났으며, cholesterol 함량은 남은 음식물 대체시 약간씩 증가하는 경향을 나타냈다. 난황색을 평가하기 위한 Roche color unit는 남은 음식물 대체 수준이 증가할 수록 높았다.

(색인어 : 남은 음식물, 산란성, 난색, 난중, 난각)

인용문헌

- AOAC 1984 Official methods of analysis of the association (14th ed). Association of Official Analytical Chemistry. Inc.
- Boushy EI, Van der Poel 1994 Poultry Feed from Waste. Chapman and Hall.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measuring egg quality. U.S. Egg and Poultry Magazine 41, No 8:40-41.
- Lipstein B 1984 Evaluation of the nutritional value of treated kitchen waste in broiler diet. Proc 17th World Poultry Sci Cong Helsinki pp 372-374.
- Lipstein B 1985 The nutritional value of treated kitchen waste in layer diets. Nutr Rep Int 32:693-698.
- Sauter EA, Stadelman WJ, Harns V, McLaren BA 1951 Methods for measuring yolk index. Poultry Sci 30:629-630.
- Scott ML, Nesheim MC, Young RJ 1982 Nutrition of the Chicken. ML Scott & Associates Ithaca New York p. 562.
- Soliman AA, Khaleel AR, Hamdy S, Abaza MA, El-Shazly K, Abou Akkada AR 1978b The use of restaurant food waste in poultry nutrition. II. Effect on laying hens. Alex J Agric Res 26:501-514.
- Titus HW, Fritz JC 1971 The Scientific feeding of chickens, 5th ed The Interstate Danville Illinois. p336.
- 김남천 1997 음식물쓰레기의 사료화 방안. 축산저널 5:147-155.
- 김남천 1997 음식물쓰레기의 사료화 방안. 축산저널 6:130-132.
- 성기숙 1996 활성탄 첨가 급여 수준에 따른 계란의 특성변화 연구. 건국대학교 석사학위논문.
- 오세정 외 19인 공저 1994 가금요론. 선진문화사.
- 이강화 1996 음식물찌꺼기 축산 사료자원화를 위한 살균류 건조사료화시스템, 월간폐기물.
- 인병훈 1997 공정제어인자가 음식물쓰레기와 정원폐기물의 혼합퇴비화에 미치는 영향. 건국대학교 환경공학과 석사논문.
- 전용대 1996 유기성 폐기물의 퇴비화 증진방안 연구. 건국대학교 행정대학원 석사논문.
- 정광용 1996 음식물 쓰레기 퇴비화의 문제점과 대책. 월간폐기물.
- 정준교 1995 음식쓰레기 퇴비의 숙성도 평가. 건국대학교 환경공학과 석사논문.
- 최병수 김영일 오세정 1988 산란계사료에 고춧가루 첨가가 산란성, 난각질 및 난황착색도에 미치는 영향. 한국가금학회지 15:281-286.
- 한석현 1996 계란의 과학과 그 이용. 선진문화사.
- 허준무 1997 사료내 고추씨 첨가수준이 채란계 생산성과 난질에 미치는 영향. 건국대학교 축산자원생산학과 석사학위논문.
- 환경부 1996 전국 폐기물 발생 및 처리현황('95). 12000-67502-26-24.
- 환경부 1997 음식물쓰레기 처리기술 동향. 월간폐기물 7: 144-152.