한국가금학회지 제 29권 제 3호, 151~156(2002)
Korean J. Poult. Sci. Vol. 29, No. 3, 151~156(2002)

계란의 형질들 및 산란율에 대한 난각색이 다른 두 계통간의 비교 연구

석 윤 오
삼육대학교 생명자원과학부 응용동물학과

Comparisons between Two Different Eggshell Lines on Egg Traits and Egg Production Rate in Layers

Y. O. Suk
Department of Applied Animal Science, Division of Life Resources, Sahmyook University, 26-21 Kongneung-dong, Nohwon-gu, Seoul 139-742, South Korea

ABSTRACT : The objective of this study was to compare the two different eggshell lines of commercial layers on egg traits and egg production rate. Hy-line W-98 (white shell line; WSL) and Hy-line Brown (brown shell line; BSL) were used as experimental stocks. The birds in each line were allocated to three floor pens each containing 25-birds. They were fed a ration containing 15.5% CP and 2,700 kcal/kg ME, and were supplied 16 h of light per day throughout the experimental periods. The egg traits and egg production rate were measured from 53 to 56-wk-old and 20 to 56-wk-old, respectively. The mean egg weight and the mean percentage albumen were significantly heavier and higher ($P<0.05$) in the BSL than in the WSL, respectively. The mean eggshell thickness and the mean percentage shell were also significantly thicker and higher ($P<0.05$) in the BSL than those in the WSL, respectively. However, the mean percentage yolk and the yolk to albumen ratio showed a reverse trend as shown in the mean percentage albumen or percentage eggshell. Although the WSL birds started laying 4 d earlier than the BSL ones, the overall mean egg production rate for BSL during 20 to 56 wk of age was significantly higher ($P<0.05$) by 6.6% than the WSL. It was concluded that the eggs of brown eggshell line had heavier egg weight and thicker shell, and they had more percentage of albumen, but less percentage of yolk than those of the white eggshell line. These results suggest that the brown eggshell line raised on the floor might be more beneficial than the white eggshell line not only for the preference of the table egg consumers, but also for the efficient production of the eggs.

(Key words: white shell line, brown shell line, egg traits, egg production rate, commercial layers)

서 론

근래 우리나라 계란 소비자들은 갈색란은 갈색의 우모를 가진 재래 토종닭으로부터 생산되었을 것이라는 추측과, 갈색란은 백색란보다 영양가가 더 높을 것이라는 막연한 생각 때문에 갈색란을 백색란보다 더 선호하는 경향이 있으며, 김정주(1998)의 소비자들의 난각색에 대한 선호도 조사에서도 같은 경향이 있음을 보고한 바 있다. 이러한 소비자들의 난각색에 대한 선호도 때문에 1970년대까지 백색란계의 사육수수가 전체 산란계 사육수수의 80~90%를 차지하던 것(이규호, 1998)이 1990년대에 들어와서는 백색란계의 사육수수가 급격하게 감소된 반면에, 갈색란계는 그 사육수수가 계속 증가되어와 1991년에는 전체 사육수수의 98%를 차지(정일정, 1993)하기에 이르러 백색란계의 사육은 거의 중단되게 되었다. 다만 근래에 이웃 일본에 계란을 수출하기 위해서 극히 일부의 농가에서 다시 백색란계를 사육하고 있을 따름이다.

김정주(1998)의 계란소비 패턴에 대한 회귀계수 분석 보고에 의하면, 계란소비자들의 연령이 높을수록, 그리고 소득수준이 낮을수록 갈색란을 백색란보다 더 선호하는 것으로 조사된 바 있어, 다른 육류식품들에 비해서 상대적으로 값이 싼 고단백질 영양식품인 계란을 소비하는 일반 저소득 소비대중 계층과 난각색에 대한 소비자 선호도와 어떤 상관관계

To whom correspondence should be addressed : sukyo@syu.ac.kr

가 있음을 시사하고 있다.

이와 같이 계란소비자들이 백색란보다는 갈색란을 더 선호하기는 하지만 계란생산자 입장에서 보면, 갈색란 계통은 백색란 계통보다 체중이 약 30% 이상 더 무겁기(North and Bell, 1990) 때문에 유지에너지 요구량이 더 많은 관계로 사료효율이 낮아져 갈색란계의 계란생산비를 증가시키는 요인이 되고 있다. 또한 Novak and Scheideler(2001)는 3종류의 Phase feeding program으로 시험한 결과 3종류 모두 백색란계인 Hy-line W-36은 갈색란계인 DeKalb Delta보다 평균 2.4% 정도 산란율이 더 높은 것으로 보고하였고, 난각의 두께는 백색란이 갈색란보다 더 두꺼워(Potts and Washburn, 1974; Hunton, 1982) 난각의 강도가 백색란이 더 크기 때문에 계란이 양계농장에서 소비자들에게 전달되는 과정 중에 전체 계란의 6~8% 정도의 파란율이 발생(Washburn, 1982)되어 양계농가에 막대한 손실을 가져오고 있는 것을 감안하면, 백색란 계통의 사육이 갈색란 계통의 사육보다 더 유리할 뿐만 아니라, 근래 우리 나라에서 자주 발생하는 가금티푸스(Fowl typhoid)에도 백색란 계통이 갈색란 계통보다 훨씬 강하다고 한 Garren and Hill(1959) 및 김기석 등(2002)의 연구보고들을 종합해 볼 때 갈색란 계통의 사육보다는 백색란 계통의 사육이 더 바람직하다고 볼 수 있다.

그러나 우리 나라 계란 소비자들은 여전히 갈색란을 백색란보다 더 선호하고 있기 때문에 양계농가에서도 갈색란 생산 계통을 사육하지 않을 수 없는 형편이다. 또한 Shalev (1995)가 인용 보도한 유럽(European Random Sample Egg Production Tests)과 미국(North Carolina Layer Performance and Management Test)의 백색란계와 갈색란계에 대한 연구결과에 비추어볼 때 두 계통간에 성계시 체중의 차이가 점차 감소되고 있고, 산란능력도 갈색산란계가 크게 개량되어 오고 있으며, 또한 초산시 일령과 사료효율은 거의 차이가 없어졌을 뿐만 아니라, 난중은 오히려 갈색산란계가 백색산란계보다 더 무거운(3.3 g) 계란을 생산한다고 보고하고 있어 갈색란 계통의 사육이 더 효율적임을 엿볼 수 있다. 물론 이러한 연구들은 산란계의 일반 사육형태인 케이지 사육시에 두 계통간에 주로 비교된 결과들이다.

한편 우리 나라의 계란소비자들은 일반적으로 갈색란의 선호와 동시에 케이지에서 생산된 계란보다는 평사 혹은 자유방사에 의해서 사육된 닭에서 생산된 계란을 더 선호하는 경향이 있어 본 연구에서는 계란 형질들에 대한 이 두 계통간의 비교를 평사사육으로 연구하여 보고하고자 한다.

재료 및 방법

1. 공시동물, 시험설계 및 사양관리

국내 일반 양계농가에서 사육되고 있는 백색란 계통인 Hy-line W-98종과 갈색란 계통인 Hy-line Brown종이 본 연구를 위하여 이용되었으며, 닭을 평사에 각 계통별로 3반복으로 배치하였고, 반복당 25수씩 배치(사육밀도: 0.25 m^2/수)하여 사육하였다. 점등관리는 1일 16시간의 인공점등을 실시하였으며, 사료는 조단백질 15.5% 및 대사에너지 2,700 Kcal/kg의 시판 배합사료를 시험 전기간 동안 공급하였고, 개체별 1일 사료 공급량은 Hy-line International 회사[1]가 제시한 사양관리 지침에 의하였으며, 물은 무제한 공급하였다.

2. 계란 형질의 측정기간 및 측정방법

계란의 주요 형질들은 53주령부터 56주령까지 1주일 간격으로, 그리고 산란율은 산란이 개시된 20주령부터 56주령까지 조사되었다. 계란의 형질들은 각 시험 주령말 이틀에 걸쳐 각 계통별, 반복구별로 계란을 수거하여 난중을 측정한 후, 계란을 활란하여 난황과 난백을 분리하고, 난황에 붙어 있는 알끈을 핀셋으로 조심스럽게 제거한 다음, 난황을 paper towel에 굴리서 난백을 완전히 제거한 후 난황의 무게를 측정하였다. 그리고 핀셋을 이용하여 난각을 조심스럽게 물에 씻은 다음, 21℃ 항온상태로 고정된 drying oven 속에 넣고 48시간 동안 건조시켜 난각의 무게를 칭량하였다. 난백의 무게는 계란 전체의 무게에서 난황과 난각의 무게를 공제하여 계산하였다. 또한 전체 난중에 대한 난백의 비율, 난황의 비율 및 난각의 비율을 측정하였다. 산란율은 hen-day 산란율로 조사되었다.

3. 통계분석

SAS 프로그램(SAS Institute, 2000)을 이용하여 계통상호간에 5% 수준에서 t-검정으로 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

53주령부터 56주령까지 4개 주령에 걸쳐 난중, 난중에 대한 난백의 비율 및 난황의 비율, 난황 : 난백의 비율, 난각의 두께 및 난중에 대한 난각의 비율에 대한 백색란 계통(WSL)과 갈색란 계통(BSL) 간의 유의성 비교의 결과는 Table 1과

1) Hy-line International, 2929 Western Parkway West Des Moines, Iowa 50266 USA

Table 1. Comparisons between white shell(WSL) and brown shell(BSL) lines on egg components($\overline{X}\pm$SD)

Age	Lines(n)	Egg weight	% Albumen	% Yolk	Y:A ratio[1]	% Shell	Shell thickness
53 wk	WSL(100)	63.68±5.47[a]	64.59±3.06[a]	26.27±2.84[a]	0.41±0.068[a]	0.41±0.033[a]	9.14±1.02[a]
	BSL(117)	64.26±5.65[a]	65.86±2.15[b]	24.45±2.00[b]	0.37±0.042[b]	0.42±0.032[b]	9.69±0.84[b]
54 wk	WSL(104)	63.22±5.87[a]	64.31±3.16[a]	26.58±2.86[a]	0.42±0.069[a]	0.40±0.028[a]	9.10±0.95[a]
	BSL(99)	63.26±7.07[a]	65.03±6.14[a]	25.01±4.63[b]	0.45±0.686[a]	0.42±0.028[b]	9.96±1.82[b]
55 wk	WSL(91)	63.73±5.87[a]	64.67±2.86[a]	26.28±2.81[a]	0.41±0.065[a]	0.40±0.028[a]	9.05±0.74[a]
	BSL(101)	65.36±5.72[a]	66.09±2.28[b]	24.23±2.13[b]	0.37±0.046[b]	0.42±0.035[b]	9.67±0.90[b]
56 wk	WSL(102)	63.70±5.67[a]	64.66±2.66[a]	26.26±2.60[a]	0.41±0.061[a]	0.41±0.025[a]	9.08±0.73[a]
	BSL(105)	64.83±6.13[a]	66.24±2.34[b]	24.17±2.27[b]	0.37±0.047[b]	0.42±0.033[b]	9.59±0.89[b]
Pooled mean	WSL(397)	63.57±5.70[a]	64.55±2.94[a]	26.35±2.77[a]	0.41±0.066[a]	0.40±0.029[a]	9.10±0.87[a]
	BSL(422)	64.43±6.17[b]	65.81±3.58[b]	24.46±2.92[b]	0.39±0.335[a]	0.42±0.032[b]	9.72±1.17[b]

[1]Yolk : albumen ratio. [a,b]Means between lines within same age in each trait without common superscripts are significantly different at P<0.05.

같으며, 계란의 세부 형질들에 대해서 계통간 차이를 비교해 본 결과는 다음과 같다.

1. 난중에 대한 닭의 계통의 영향

각 시험주령별 평균 난중에 있어서는 두 계통간에 유의한 차이를 나타내지 않았지만, 4개 시험주령 전체평균 난중에 있어서 BSL은 WSL 보다 0.86 g이 더 무거웠고, 통계적으로도 유의성(P<0.05)을 나타냈다. 이와 같은 결과는 European Random Sample Egg Production Tests(1979-1992)의 이 두 계통간에 조사된 결과(Shalev, 1995)와 그 차이의 정도에 있어서(갈색란이 백색란 보다 3.3 g 더 무거웠음) 다소 다르기는 하지만 같은 경향을 나타내고 있고, 난중에 대한 유전력이 상당히 높은 것으로 보고했던 Francesch et al.(1997)의 연구결과(h^2 = 0.59)에 비추어 볼 때 난중은 유전자 조성이 다른 품종간 혹은 계통간에 유의한 차이가 나타날 수 있음을 알 수 있다.

2. 난백 및 난황의 비율에 대한 닭의 계통의 영향

전체 난중에 대한 난백의 비율에 있어서, 54주령 시를 제외한 나머지 주령에서는 모두 갈색란이 백색란보다 1.27~1.58% 정도 더 많은 것(P<0.05)으로 나타났으며, 전체 평균 난백의 비율은 적어도 1.26%가 갈색란이 백색란보다 더 많은 것(P<0.05)으로 조사되었다. 반면에 전체 난중에 대한 난황의 비율은 난백의 비율에서 조사되었던 결과와 정 반대로 모든 시험 주령에서 갈색란이 백색란보다 유의하게(P<0.05) 더 낮았으며, 전체 평균 난백의 비율은 1.89% 정도 갈색란이 백색란보다 유의하게(P<0.05) 더 낮은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 갈색란 생산계통은 백색란 생산계통보다 난백의 비율은 유의하게 더 높은 반면에, 난황의 비율은 더 낮았다는 Sainz et al.(1983) 및 Curtis et al.(1986)의 결과들과 잘 일치하고 있다. 또한 Rhode Island Red종과 다른 갈색란 계통들은 Leghorn종 및 다른 백색란 계통들보다 난백의 질이 더 우수하고, 비율도 높았다는 보고들(Knox and Godfrey, 1934; Nordskog and Cotterill, 1953; Farnsworth and Norskog, 1955; Rodda, 1972; Curtis et al., 1986)과도 본 연구의 결과는 잘 일치하고 있다. 이상의 결과들을 종합해 보면, 백색란보다 갈색란은 높은 난황 콜레스테롤 수준(Beyer and Jensen, 1992; Suk and Park, 2001) 때문에 계란 내용물 중 난황을 제거하고 난백 만을 이용하거나, 난황이 많은 것을 기피하는 경향이 있는 소비자들로부터 좋은 반응을 얻을 수 있으리라 사료되며, 갈색란은 백색란에 비해서 상대적으로 가공란으로는 적합하지 않지만, 식란(table eggs)으로는 오히려 더 적합한 것으로 생각된다. 따라서 아직 우리 나라 계란소비자들의 대부분이 가공란 이용비율은 낮고 주로 식란으로 계란을 사용하고 있기 때문에 소비자들의 난각색에 대한 선호도와 동시에 내용물에 대한 선호도에 비추어 볼 때 갈색란 계통의 지속적인 개량이 필요하다고 판단된다.

3. 난황 : 난백의 비율에 대한 닭의 계통의 영향

난황 : 난백의 비율에 있어서 54주령시에 만 갈색란이 백색란보다 약간 더 높은 것으로 나타났으나 유의한 차이는 아니었고, 나머지 3개 주령에서는 반대로 갈색란이 백색란보다 평균 약 10% 정도 더 낮은 것(P<0.05)으로 조사되었다. 한편 전체 시험주령 평균 난황 : 난백의 비율에 있어서도

같은 경향이 있었으나 유의한 차이는 없었다. 본 연구의 전체 평균 난황 : 난백 비율의 결과는 갈색란과 백색란 간에 이 형질에 대해서 뚜렷한 차이가 없었다는 Somes et al. (1977)이 얻었던 결과와 잘 일치하고 있으나, 난황 : 난백 비율은 유전적인 요인이 영향을 미칠 수 있다고 한 보고들(Cook and Briggs, 1977; Curtis et al., 1986; Campo, 1995)이 시사하는 바에 의하면, 품종과 계통의 차이에 의해 난황 : 난백의 비율은 차이가 있을 것으로 사료되어 이후에 추가적인 연구가 필요하다고 본다.

4. 난각의 두께 및 난각비율에 대한 닭의 계통의 영향

53주령부터 56주령까지 난각의 두께는 계통별로 대체로 일정하여 백색란은 0.40 mm 정도였고, 갈색란은 0.42 mm로서 4개 시험주령 및 전체 평균 난각의 두께에 대하여 두 계통간에 유의한($P<0.05$) 차이를 나타내었다. 또한 전체 난중에 대한 난각의 비율도 난각의 두께와 같은 경향을 나타내고 있어 오랫동안 난중에 대한 난각의 비율과 난각의 두께는 백색란이 갈색란보다 유의하게($P<0.05$) 더 높거나, 더 두껍다고 한 여러 연구보고들(Taylor and Martin, 1928; Tyler and Geake, 1958; Rodda, 1972; North and Bell, 1990)과는 반대의 경향이 있음이 조사되었다. 이러한 본 연구의 결과는 Washburn (1982)이 지적한 상당히 높은 파란의 비율을 줄이는 데 갈색란 생산이 백색란 생산보다 더 유리함을 시사하고 있다.

5. 산란율에 대한 닭의 계통의 영향

Table 2에서 보면, 53주령부터 56주령까지의 전체 평균 산란율은 갈색란 계통이 백색란 계통보다 다소(1.24% 정도) 우수한 것으로 나타났으나, 통계적인 유의성은 없었다. 그러나 초산시(20주령)부터 56주령까지의 헨데이 산란율에 대해서는 갈색란 계통이 백색란 계통보다 6.6% 정도 산란율이 더 높은 것으로 나타났다($P<0.05$). 이들 두 계통의 이러한 산란성적을 Hy-line International사의 사육관리 지침에서 제시하고 있는 표준산란율과 각기 동일한 계통과 비교해 볼 때 Hy-line W-98 표준품종(83.4 %) 보다는 19.7 %, 그리고 Hy-line Brown 표준품종(85.5 %) 보다는 15.2 % 정도 더 낮은 결과였다. 이와 같은 산란율의 차이에 대한 원인은 본 연구에서의 산란율은 평사사육에 의해서 조사된 반면에, 표준품종들은 케이지 사육에 의해서 얻어진 자료들로서 사육형태에 따라 산란율에 상당한 차이가 있음을 알 수 있다. 또한 본 연구에서는 닭에게 제공된 사료에너지 및 조단백질의 수준이 Hy-line International사의 그것과 차이가 있었기 때문인 것으로 추측된다. 한편 백색란 계통보다는 갈색란 계통이 두 사육 형태간에 산란율의 차이가 더 작은 것으로 보아 계란 소비자들이 선호하는 평사사육에 의해 계란을 생산하는 경우는 백색란 계통보다는 갈색란 계통의 사육이 더 효율적임을 시사한다. 본 연구에서 이용된 두 계종과 이들 각 계통의 표준품종의 산란율 변화 곡선은 Fig. 1에서 보는 바와 같이 표준품종들의 산란곡선에 비해서 본 연구에 이용된 두 계통의 산란곡선의 변화가 다소 심한 것은 아마도 표준품종들은 일정하게 환경이 조절된 상태 하에서 사육되었던 반면에, 본 연구에서는 사육환경이 잘 조절되지 않은 상태에서 사육한 결과 때문인 것으로 추정된다.

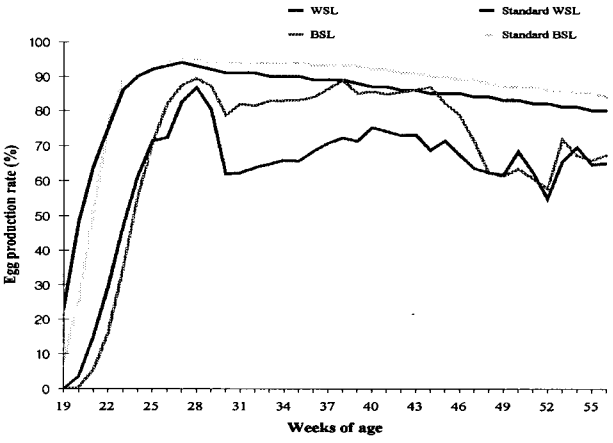

Fig. 1. Comparisons between white shell line(WSL) and brown shell line(BSL) with standard lines in the egg production rate.

Table 2. Comparisons between white shell(WSL) and brown shell(BSL) lines on the hen-day egg production rate ($\overline{X}\pm$SD)

Line	Age				Pooled mean	
	53 wk	54 wk	55 wk	56 wk	53~56 wk	20~56 wk
WSL	65.5±2.97	69.5±2.37	64.6±1.94	65.0±2.21	66.1±1.20[a]	63.7±16.39[a]
BSL	71.2±1.98	66.5±1.50	65.1±1.46	66.7±1.88	67.4±0.88[a]	70.3±22.60[b]

[a,b]The pooled means between lines within a column without common superscripts are significantly different at $p<0.05$.

적 요

백색란 계통인 Hy-line W-98과 갈색란 계통인 Hy-line Brown을 이용하여 주요 계란형질들과 산란율에 대한 닭의 계통간의 차이를 구명하고자 시험한 결과, 각 시험주령별 평균 난중에 있어서 백색란 계통과 갈색란 계통간에 유의한 차이는 나타나지 않았으나, 전체 평균 난중은 백색란 계통이 63.57 g 이었고, 갈색란 계통이 64.43 g으로서 갈색란 계통의 계란이 0.86 g이 더 무거운($P<0.05$) 것으로 나타났다. 전체 난중에 대한 난백의 비율은 54주령시를 제외한 나머지 모든 주령에서, 그리고 전체 평균 난백의 비율에서도 갈색란 계통은 백색란 계통보다 유의하게 ($P<0.05$) 더 높은 것으로 나타난 반면에, 난중에 대한 난황의 비율은 모든 시험주령 및 전체 평균치에 있어서 갈색란 계통이 백색란 계통보다 유의하게($P<0.05$) 더 낮았다. 한편 난중에 대한 난각의 비율 및 난각의 두께는 갈색란 계통이 백색란 계통보다 유의하게 ($P<0.05$) 더 높거나 더 두터운 것으로 나타났다. 전체 난중에 대한 난황 : 난백의 비율은 4개 시험주령중 3개 시험주령에서 갈색란 계통이 백색란 계통보다 유의하게($P<0.05$) 더 낮은 것으로 나타났다. 초산시(20주령)부터 56주령시까지의 전체 평균 Hen-day 산란율은 백색란 계통이 63.7%이었던 반면에, 갈색란 계통은 70.3%로서 갈색란 계통이 백색란 계통보다 6.6% 정도 산란율이 유의하게($P<0.05$) 더 높았다. 결론적으로 계란소비자가 상대적으로 더 선호하는 갈색란 생산계통을 사육하는 것이 성계의 체중과 가금티푸스와 같은 질병문제를 개량한다면 난중, 난백의 비율, 난각의 두께 및 산란율에 있어서 백색란 생산계통의 사육보다 더 바람직함을 알 수 있었다.

(색인어: 백색란 계통, 갈색란 계통, 계란형질, 산란율)

인용문헌

Beyer RS, Jensen LS 1992 Cholesterol concentration of egg yolk and blood plasma and performance of laying hens as influenced by dietary α-ketoisocaproic acid. Poultry Sci 71:120-127.

Campo JL 1995 Comparative yolk cholesterol content in four Spanish breeds of hens, an F_2 cross, and a White Leghorn population. Poultry Sci 74:1061-1066.

Cook F, Briggs GM 1977 Nutritive value of eggs. Pages 92-108 in Egg Science and Technology, Stadelman WJ and Cotterill OJ, ed AVI Publishing Co. Westport CT.

Curtis PA, Gardner FA, Mellor DB 1986 A comparison of selected equality and compositional characteristics of brown and white shell eggs. III. Composition and nutritional characteristics. Poultry Sci 65:502-507.

Farnsworth GM Jr, Nordskog AW 1955 Breeding for egg quality. 3. Genetic differences in shell characteristics and other egg quality factors. Poultry Sci 34:16-26.

Francesch A, Estany J, Alfonso L, Iglesias M 1997 Genetic parameters for egg number, egg weight, and eggshell color in three catalan poultry breeds. Poultry Sci 76:1627-1631.

Garren HW, Hill CH 1959 Agglutinating antibody titers of young White Leghorns and Rhode Island Reds following inoculation with live and inactivated *Salmonella gallinarium* culture. Poult Sci 38:918-922.

Hunton P 1982 Genetic factors affecting egg shell quality. World's Poultry Sci J 38:75-84.

Knox CW, Godfrey AB 1934 Variability of thick albumen in fresh eggs. Poultry Sci 13:18-23.

Nordskog AW, Cotterill O 1953 Breeding for egg quality. 2. Sampling hens for interior quality. Poultry Sci 32:1051-1054.

North MO, Bell DD 1990 Commercial chicken production manual. Van Nostrand Reinold, New York, pp 1-11, p. 367.

Novak C, Scheideler SE 2001 Long-term effects of feeding flaxseed-based diets. 1. Egg production: parameters, components, and eggshell quality in two strains of laying hens. Poultry Sci 80:1480-1489.

Potts PL, Washburn KW 1974 Shell evaluation of white and brown egg strains by deformation, breaking strength, shell thickness, and specific gravity. Poultry Sci 53:1123-1128.

Rodda DD 1972 Breeding for late egg shell quality in the domestic hen. British Poult Sci 13:45-60.

Sainz FM, Roca GP, Alemany M 1983 Physical and chemical nature of eggs from six breeds of domestic fowl. British Poult Sci 24:301-309.

SAS 2000 SAS User's guide: Statistics, SAS Inst. Inc. Cary, NC.

Shalev BA 1995 Comparison of white and brown egg shell laying stocks. World's Poultry Sci J 51:7-16.

Somes RG Jr, Francis PV, Tlustohowicz JT 1977 Protein and cholesterol content of Araucana chicken eggs. Poultry Sci

56:1636-1640.

Suk YO, Park C 2001 Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. Poultry Sci 80: 855-858.

Taylor LW, Martin JH 1928 Factors influencing thickness of eggshell. Poultry Sci 8:39-41.

Tyler C, Geake FH 1958 Studies on egg shells. IX. The influence of individuality, breed, and season on certain characteristics of egg shell from pullets. J Sci Food Agric 9:473-483.

Washburn KW 1982 Incidence, cause and prevention of egg shell breakage in commercial production. Poultry Sci 61: 2005-2012.

김기석 이영주 강민수 한성욱 오봉국 2002 산란계 합성종의 가금티푸스 저항성 비교 연구. 한국가금학회지29(1): 59-75.

김정주 1998 계란의 소비 패턴변화와 공급대응. 한국가금학회 춘계심포지움 Proceedings pp 105-113.

이규호 1998 백색산란계와 갈색산란계의 생산성 비교. 한국가금학회지 25(3):119-128.

정일정 1993 한국의 양계. 6. 채란양계. 한국가금학회.