



산란계 주령이 계란의 품질에 미치는 효과

김동준¹ · 김다혜² · 강세주¹ · 권기문¹ · 이재청¹ · 이경우^{2*}

¹축산물품질평가원, ²건국대학교 동물자원학과

Effects of Age of Laying Hens on Internal and External Quality of Eggs

Dong Jun Kim¹, Da Hye Kim², Se Joo Kang¹, Ki Mun Kwon¹, Jae Cheong Lee¹ and Kyung-Woo Lee²

¹Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation

²Department of Animal Science and Technology, College of Animal Bioscience and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the effect of age of laying hens on egg internal and external qualities. A total of 8,300 eggs were randomly collected from 15 grading & packaging (GP) centers, and 50 eggs per farm during April to May in 2015. Age of laying hens ranged from 18 to 65 weeks of age and they were classified into 5 age groups (18~25, 26~35, 36~45, 46~55, and 56~65 weeks). Egg weight increased, but the Haugh unit decreased as the age of laying hens increased. Yolk color was higher in eggs laid from 25~35 weeks of laying hens compared with that of 18~25-weeks-old chickens. The incidence of dirty eggs was highest ($P<0.05$) in 18~25 week group and remained constant after 26 weeks. Among eggshell defects, speckled and pimpled eggs increased as the age of laying hens increased. The incidence of calcium deposits and misshapen eggs was highest during 18~25 weeks of age and remained constant after 26 weeks. The percentage of total eggshell cracks increased as the age of laying hens increased. Among eggshell cracks, star- and hair-like cracks were frequently noted. The percentage of meat spot was higher than that of blood spot and their incidence was highest among the 56~65 week group. Age of laying hens significantly increased egg weight, incidence of pimpled or speckled eggs, star- or hair-like cracks, and meat spot. On the other hand, a significant negative interaction between age of laying hens and the Haugh unit was noted. In conclusion, our study revealed that the age of laying hens affected internal and external egg qualities.

(Key words: eggs, laying hens, egg qualities)

서 론

농림축산식품 주요 통계에 따르면 2016년도 우리나라 1인당 계란 섭취량은 274개로 꾸준히 증가하고 있다(MAFRA, 2017). 계란은 영양학적으로 중요한 단백질, 지방과 미량영양소 등이 풍부한 공급원으로 잘 알려져 있으며, 계란 섭취가 사람의 건강에 중요한 역할을 수행하는 것은 이미 보고된 바 있다(Miranda et al., 2015).

소비자의 선호도에 영향을 미치는 계란의 내·외부 품질은 중요한 항목이다(Zaheer, 2015). 계란은 산란 후 시간이 경과하면 품질이 저하되므로 계란의 유지·보존 과정에서 집란의 자동화와 냉장보관 등으로 계란의 품질저하에 미치는 요인을 잘 통제하여야 한다. 호우유닛은 계란의 내부 품질을 평가하는 가장 일반적이며 표준방법으로 널리 이용되

어지고 있다(Keener et al., 2006).

축산물품질평가원의 통계에 따르면 2013년도 등급판정 받은 계란은 계란 총 생산량의 6.1%로서, 이는 2007년도의 2.4%에 비하여 꾸준히 상승하는 추세이다. 하지만 미국 또는 EU 등과 다르게 국내에서는 계란등급제가 의무 사항이 아니라 자율사항인 것이 특이하다. 하지만 최근 소비자의 계란 품질 및 안전성에 대한 요구가 증가하는 추세이기 때문에 등급판의 수요는 더욱더 증가할 것으로 보인다.

계란 등급판정 시행업체 운용 지침(축산물품질평가원 공고 제2013-20호)은 계란 등급판정제도의 원활한 운영을 위하여 시행업체 운용에 관한 사항을 규정하고 있다. 계란의 등급 판정은 계란 등급판정 시행업체로 지정받은 작업장의 경영자가 품질평가사에게 신청서를 제출하여 진행된다. 등급판정 시행업체는 주로 GP센터(Grading & Packing)이며,

* To whom correspondence should be addressed : kyungwoolee@konkuk.ac.kr

산란계 농가에서 생산된 계란은 GP 센터에서 세척, 건조, 선별, 포장과정이 이루어지며(Kim and Lim, 2015), 등급 판정 결과를 계란과 겉포장에 등급표시 등 인쇄 작업을 하는 곳이다. 현재 GP 센터를 통해 계란을 출하하는 것은 의무 조항이 아니라 자율사항으로 되어 있다.

Kim et al.(2014)은 산란계의 주령이 증가할수록 난중이 증가하고 파각강도는 감소하는 것으로 보고하였다. 난각색은 주령에 영향을 받지 않았지만, 난황색은 주령이 증가할수록 증가하였다. 또한 계란의 신선도를 나타내는 호우유닛은 주령이 증가할수록 감소하였다. 따라서 Kim et al.(2014)의 결과와 마찬가지로 주령이 계란의 품질에 미친다는 연구결과는 많이 보고되고 있다(Roland, 1979; Odabasi et al., 2007; Zita et al., 2009). 이렇게 주령이 계란의 내부품질에 영향을 미치는 연구결과는 축산물품질평가원에서 등급판정란에 대하여 실시되기도 하였다(Lee et al., 2013). 하지만 소비자의 구매 선호도인 계란 외관에 관한 연구는 거의 없으며, 주령별 외관 품질변화에 관한 연구도 전혀 없는 실정이다.

우리나라에서 계란 세척은 법령에 따라 차이가 있다. 우선 축산법 시행규칙(농림축산식품부령 제27호)에서는 등급판정용 계란에 대한 세척의무를 다음과 같이 규정하고 있다. “물 등을 통한 세척으로 이물질을 제거한 후 냉장하지 아니한 상태에서 중량규격별로 선별하여 다음의 방법에 따라 판정한다. 다만, 가공용 계란의 경우에는 등급판정 후 이물질 제거 작업을 할 수 있다.” 현재 축산물 위생관리법 시행규칙(총리령 제1436호)에는 식용란에 대한 세척 규정은 없으나, 식품의약품안전처(식품의약품안전처 공고 제2017-419호)에서는 식용란선별포장업에 검란기, 세척기 등 선별·포장에 필요한 장비나 시설을 마련하도록 개정 중에 있다. 본 연구는 등급 판정 원료란의 품질 그리고 산란계 주령별 계란의 내·외부 품질변화를 알아보하고자 GP 센터에서 계란을 수거하여 실험을 진행하였다.

재료 및 방법

1. 공시시료

총 8,300개의 계란을 15개의 집하장(in-line 7개소, off-line 8개소)에서 농장별로 채취하였다(Table 1). 집하장에서 중량 선별, 세척 등 등급판정 생산 공정 전 원료란을 무작위로 채취하였으며, 주령별로 원료란 50개를 5주간 채취하였다. In-line은 농장과 집하장 기능을 동시에 수행하며, 계란을 집란 후 집하장으로 바로 운반하여 선별 작업이 가능한 곳이며, off-line은 농장과 집하장이 분리되어 있어 집란 후 별도의 운반

과정을 거쳐 집하, 선별 작업을 하는 곳이다. 일부 농장(off-line)은 자체적으로 세척하여 집하장으로 이동된 원료란도 있었으나, 별도로 구분 없이 분석에 공시하였다.

2. 실험방법

본 실험에 공시된 모든 계란은 축산물등급판정세부기준에 따라서 계란등급판정 항목인 외관, 투광 및 할란검사 순으로 진행하였다. 외관판정에서는 난각 표면에 분변, 혈액 또는 깃털 등 이물질의 크기가 5 mm 이상인 것을 오염란(dirty eggs)으로 분류하였다. 또한 난각질 이상란 조사에서는 점란(speckled eggs), 칼슘(calcium deposits), 사포란(pimpled eggs) 등으로 구분하였다. 투광검사에서는 난각의 파각 여부를 측정하였으며, 파각의 형태에 따라서 별(star crack), 머리카락(hair crack), 구멍(pinhole) 등으로 구분하여 분류하였다. 할란검사에서는 3 mm 이상인 혈반과 육반을 조사하였으며, 내부품질로 난황색과 호우유닛을 측정하였다. 농후난백 높이는 TSS QCH(albumen height gauge, TSS, York, England)를 사용 측정 후, 호우유닛 값을 자동 산출하였다. 난황색은 TSS QCC Yolk Colorimeter로 측정하였다.

3. 통계처리

본 실험에서 도출된 모든 자료는 GraphPad Prism 프로그램을 이용하여 분산분석을 실시하고, 처리 평균에 따른 차이는 Duncan's multiple range test 방법을 이용하여 $P < 0.05$ 수준에서 유의성을 검정하였다. 또한 주령과 계란품질 간 상관분석을 통하여 Pearson 상관계수를 구하였다.

결 과

본 연구는 15개 GP 센터에서 5주간 실시하였으며, 농가당 50개를 무작위 선별하여 총 8,300개의 계란을 품질평가사가 분석하였다. 산란계의 주령은 20~65주령으로 5개의 주령 구간으로 구분하였으며, 품종은 하이라인, 로만 및 이사브라운으로 대부분 하이라인이 가장 많이 포함되었다(Table 1).

난중은 25주령 이하에서는 평균 58.0 g으로 가장 낮았으며($P < 0.05$), 36~45주령 구간을 포함한 그 이상 주령 구간에서는 모두 64.0 g 이상으로 유지하여, 주령이 증가할수록 난중이 증가하는 경향을 나타내었다(Table 2). 계란의 신선도를 나타내는 호우유닛은 25주령 이하 구간에서 평균 97.3으로 가장 높았으며, 주령이 증가할수록 감소하였으며 56~65주령 구간에서 82.7을 나타내었다. 난황색은 25주령 이하에서 가장 낮은 수치를, 25~35주령 구간에서 가장 높은 색도를

Table 1. Eggs sampled from multiple flocks of commercial egg farms

Items		No. eggs sampled	No. groups ¹ (50 eggs per group)	%
Age of flock	18~25	1,000	20	12.0
	26~35	1,850	37	22.3
	36~45	2,850	57	34.3
	46~55	1,600	32	19.3
	56~65	1,000	20	12.0
Breed	Hy-line	6,400	128	77.1
	Lohmann	1,850	37	22.3
	ISA	50	1	0.6
Packing center ¹	GB ²	750	15	9.0
	KR ²	500	10	6.0
	GR ²	250	5	3.0
	KK ²	750	15	9.0
	DM ²	500	10	6.0
	DW ³	500	10	6.0
	DP ³	750	15	9.0
	MH ³	400	8	4.8
	SC ²	750	15	9.0
	EP ³	450	9	5.4
	CW ³	250	5	3.0
	JF ³	750	15	9.0
	TG ²	500	10	6.0
	PR ³	700	14	8.4
	HY ³	500	10	6.0
Total		8,300	166	

¹ A total of 50 eggs per layer flock was sampled weekly for five consecutive weeks from 34 layer flocks of 15 commercial egg farms and considered a group per each category.

² In-line operation.

³ Off-line operation.

나타내었으며, 그 이후 주령 구간에서는 통계적 차이는 발견되지 않았다(Table 2).

25주령 이하에서 오염란은 조사한 계란의 40% 정도로 높은 수준($P<0.05$)으로 오염되어 있었으며, 26주령 이상에서는 12~18% 비율로 통계적으로 주령 구간별 차이는 발견되지 않았다(Fig. 1). 이상란 유형별 출현율 조사에서는 점란(speck-

led), 사포란(pimpled), 칼슘스프레싱(calcium deposits), 난형 이상란(Misshapen)으로 구분하여 평가하였다. 점란 출현율은 주령이 증가할수록 증가하였으며, 56~65주령 구간에서 가장 높은 출현율을 나타내었다(Fig. 2). 사포란 역시 56~65주령 구간에서 가장 높은 출현율을 나타내었으나, 18~25주령, 26~35주령, 36~45주령, 46~55주령 구간에서는 유의적

Table 2. Effects of age of laying hens on egg weight, Haugh unit and yolk color

Weeks	Egg weight (g)	Haugh unit	Yolk color, R.C.F. ¹
18~25	58.0±5.53 ^c	97.3±3.56 ^a	5.85±1.37 ^b
25~35	62.3±3.14 ^b	93.9±2.75 ^b	6.81±1.72 ^a
36~45	64.2±1.30 ^a	90.5±3.97 ^c	6.35±1.49 ^{ab}
46~55	64.1±1.51 ^a	86.8±4.04 ^d	6.03±1.47 ^{ab}
56~65	64.7±1.53 ^a	82.7±6.69 ^e	6.19±1.67 ^{ab}

^{a~e} Means(±S.D.) having different superscripts within the same column differ significantly ($P<0.05$).

¹ R.C.F. = Roche yolk color fan.

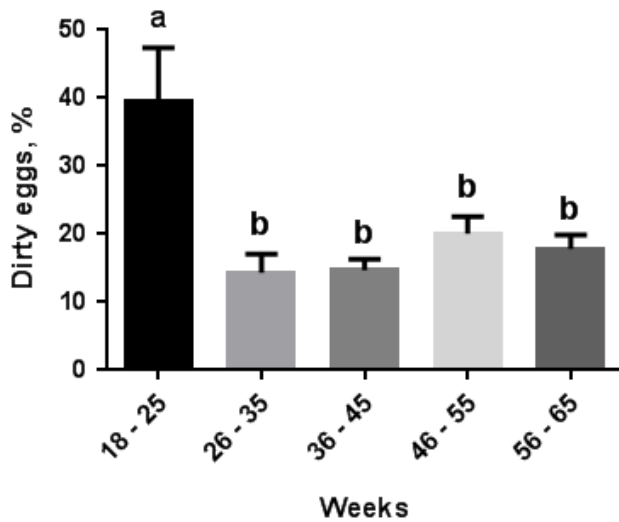


Fig. 1. Effect of age of laying hens on the percentage of dirty eggs. Different letters on the bars indicate significant differences among treatments ($P<0.05$).

인 차이가 발견되지 않았다. 점란과 사포란의 출현율과는 다르게 칼슘스프레싱과 misshapen egg는 18~25주령 구간에서 가장 높은 비율로 발생하였으며, 25주령 이상에서는 주령별 차이가 없었다(Fig. 2).

파각율은 35주령까지는 4% 미만으로 유지되었으나, 36주령부터 유의적으로 증가하여 약 6~8% 파각율을 나타내었다(Fig. 3). 파각의 유형별(별, 머리카락, 구멍) 출현율은 머리카락과 별 모양이 가장 많았으며, 구멍 형태의 파각은 전주령 구간에서 1% 미만으로 유지되었다.

주령별 이물질(혈반, 육반)의 조사 결과는 Fig. 4에 제시하였다. 주령별 육반의 출현율은 56~65주령 구간에서 가장 높게 조사되었다(Fig. 4). 혈반 출현율 역시 56~65주령 구간에서 가장 높은 발생비율을 나타내었지만, 약 1.3% 정도로

육반 출현율보다는 낮게 조사되었다. 혈반은 18~25주령 구간에서 가장 낮게 발생하였다.

고 찰

주령이 계란의 내·외부 품질에 미치는 연구는 이미 잘 알려진 사실이다. 산란계의 주령이 증가할수록 난중은 증가하고, 호우유닛 등 계란의 품질은 감소하는 것으로 보고되고 있다(Curtis et al., 2005; Tumova and Gous, 2012; Samiullah et al., 2014). 본 시험 결과, 난황색은 산란계 주령에 따라서 초기에 낮았다가 증가하는 경향을 나타내었지만, 전체적으로 균일하게 유지되어 Samiullah et al.(2014)의 결과와 유사하였다. 특히 난황색은 산란계의 사육방식 또는 주령보다는 난황 xanthophyll과 같은 난황색의 착색과 관련된 사료조성에 더 영향을 받는다고 알려져 있다(Samiullah et al., 2014). 본 연구에서는 농가에서 사용하는 사료 원료는 조사하지 않았기 때문에 26~35주령에서 조사된 짙은 난황색이 주령에 의한 차이인지, 사료 또는 환경에 따른 차이인지 추가적인 연구가 필요하겠다. Samiullah et al.(2017)은 난황색이 44주령과 비교하여 73주령에서 유의적으로 증가하였다고 하였으나, 주령 자체가 난황색에 영향을 미치는지에 대한 추가적인 설명은 없었다. 하지만 Roberts et al.(2013)에 따르면 산란계의 주령이 계란의 난황색에 미치는 영향은 미미하다고 하였다.

오염란의 발생비율은 산란초기에 가장 높았으며, 26주령 이후로는 통계적인 차이 없이 일정하게 유지하였다. 본 연구에서는 집란 후 세척 전 원료란을 사용하였기 때문에 오염란의 발생이 상대적으로 높은 비율로 조사된 것으로 사료되었다. 또한 Mallet et al.(2006)은 오염란의 발생률은 주령별 차이가 없다고 하였으나, 조사 기간이 28~58주령으로

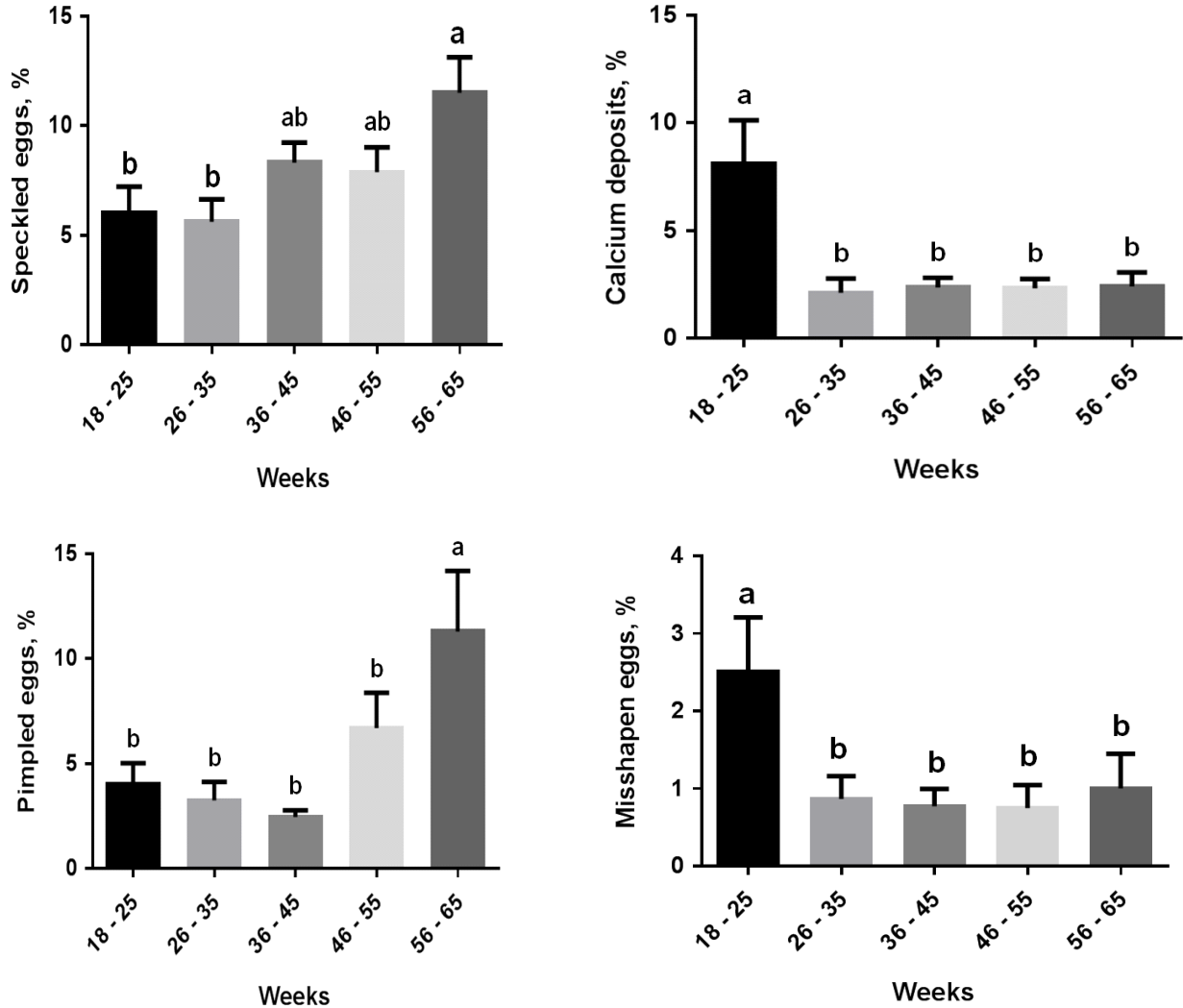


Fig. 2. Effects of age of laying hens on the percentage of eggshell defects. Different letters on the bars indicate significant differences among treatments ($P < 0.05$).

산란초기의 결과는 포함하지 않았다.

난각의 이상란 형태에서 점란이 가장 많이 발생하였으며, 사포란, 칼슘스프레싱, misshapen egg의 순으로 조사되었다. 특히 점란과 사포란은 주령이 증가할수록 발생비율이 증가하였으며, 칼슘스프레싱과 misshapen egg는 산란초기에 가장 높았으나, 그 후에는 일정하며 낮은 수준으로 유지되었다. 본 연구와 유사하게 misshapen egg는 미성숙한 난관을 가지고 있는 어린 주령의 산란계에서 빈번하게 발생한다고 보고된 바 있다(Hess and Britton, 1989). 또한 Wolc et al. (2012)은 35주령까지 난각의 품질을 조사하여 칼슘스프레싱과 misshapen egg의 발생빈도는 산란피크기까지 증가하다가 점차 감소한다고 보고하였다. Kim et al.(2012)은 주령

에 따라 이상 난각의 발생비율이 증가한다고 보고하였으나, 조사 기간이 56~62주령으로 산란 후기 구간에 걸쳐 진행되었다. 따라서 기존의 보고와 본 연구를 종합하면 misshapen egg와 칼슘스프레싱은 산란초기 산란계에서 주로 발생하여 미성숙 난관과 상관성이 있지만, 점란과 사포란은 산란계의 주령과 밀접한 관계가 있는 것으로 추측되었다. 아울러 주령과 더불어 계군의 스트레스도 난각의 칼슘스프레싱을 포함한 이상란 발생에 영향을 미친다고 보고된 바 있다(Mazzucchi and Bertechini, 2014).

본 조사에서는 산란계의 주령이 증가할수록 파각비율이 증가하였으며, 파각의 형태는 주로 별과 머리카락 모양이 가장 많이 발견되었다. 구멍 형태의 파각은 전 구간에 걸쳐

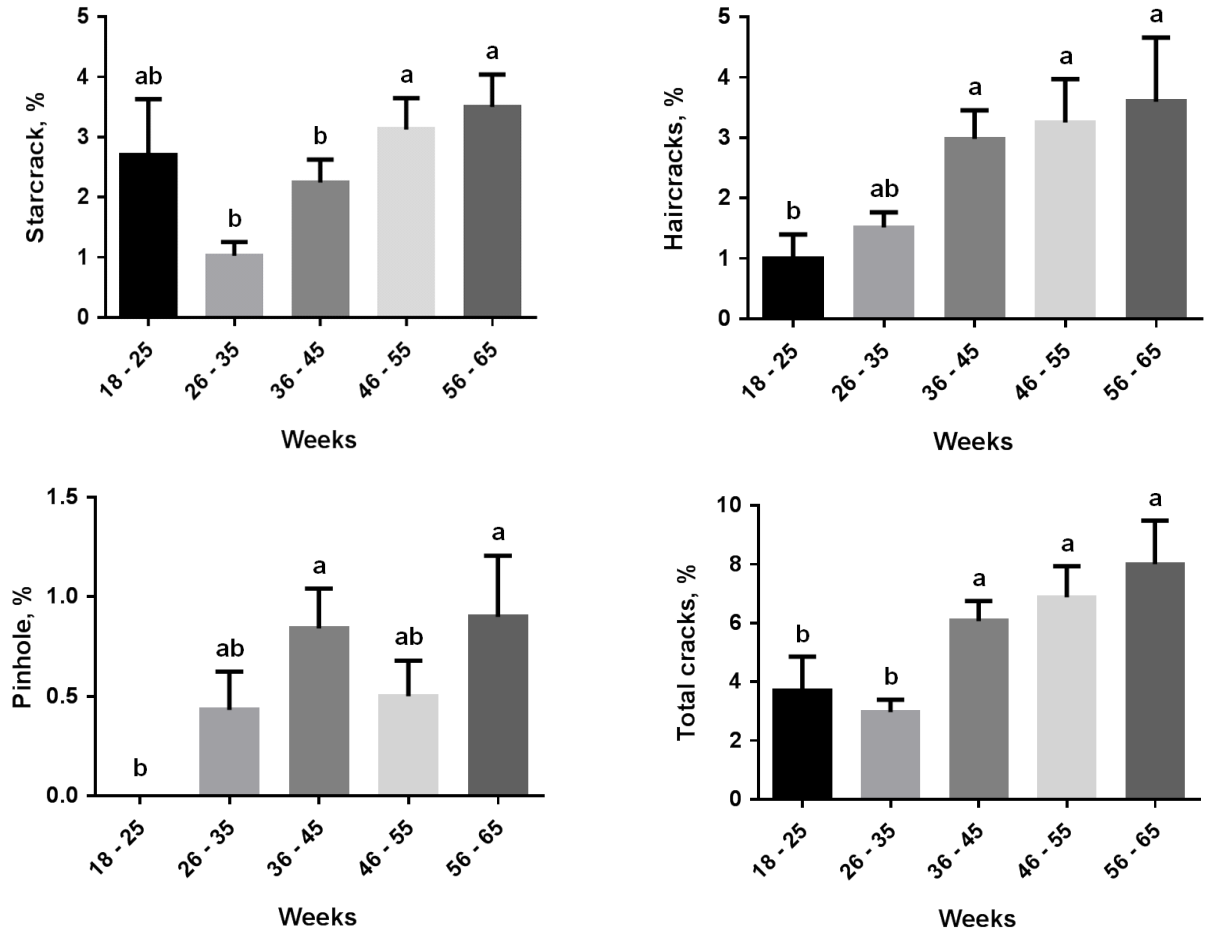


Fig. 3. Effects of age of laying hens on the percentage of eggshell cracks. Different letters on the bars indicate significant differences among treatments ($P<0.05$).

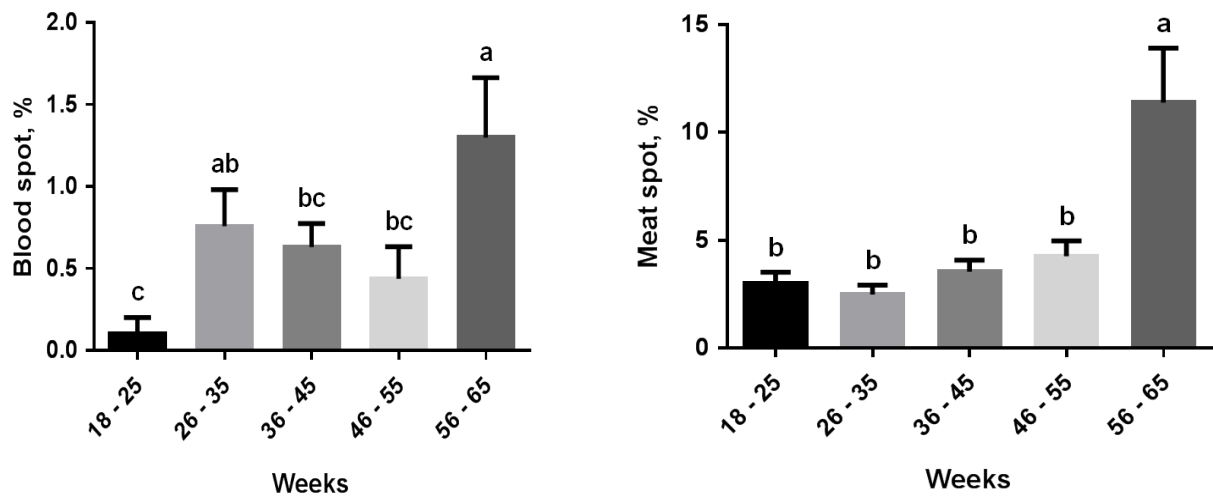


Fig. 4. Effects of age of laying hens on the percentage of meat and blood spots. Different letters on the bars indicate significant differences among treatments ($P<0.05$).

1% 미만으로 발견되었다. 비록 본 연구에서는 파각강도를 측정하지 않았지만, 주령이 증가할수록 난각의 품질이 떨어진다는 기존의 보고와 일치하는 결과(Chukwuka et al., 2011)라고 할 수 있다. 아직 산란 기간에 걸쳐 파각의 유형별 조사를 진행한 연구는 지금까지 조사된 바 없다. 대부분의 선행연구에서는 육안으로 확인이 가능한 파란에 관한 연구가 대부분으로, 본 연구에서는 육안으로 실금 판별이 가능한 파란은 제외하였으며, 검란을 통해서만 확인할 수 있는 파각의 유형별 발생률을 조사한 것으로 그 의의가 크다고 할 수 있다. 이러한 파각란은 유통과정에서 발생하는 물리적인 충격으로 추가로 실금이 발생하여 미생물 감염 등 위해 요인이 높아질 수 있기에 이에 관한 추가적인 연구가 필요하겠다.

난각의 품질에 미치는 영향은 산란계의 주령 이외에 스트레스, 계란크기, 환경온도, 영양, 음수, 마이코톡신 오염, 유전 등 다양하다(Chukwuka et al, 2011). 일반적으로 파란 또는 파각은 산란, 집란, 운반 등 과정에서 계란에게 가해지는 물리적인 충격으로 발생할 수 있다. 따라서 주령이 증가할수록 파각발생이 증가하는 것은 결국 주령에 따른 난각 품질 저하에서 기인하는 이차적인 결과로 추측된다. 산란계의 주령이 난각의 품질에 미치는 영향은 이미 보고된 바 있는데, Roberts et al.(2013)은 산란계의 주령이 증가할수록 난각 강도는 유의적으로 감소하고, 난각의 중량은 증가하지만 난각의 비율은 감소한다고 하였다. Kim et al.(2014)도 산란계의 주령이 증가할수록 난각강도의 감소하였으나, 난각두께는 큰 차이가 없었다고 하였다. Bain(2005)은 난각두께와 파각강도와는 상관성이 없다고 보고하였으며, Tumova et al.(2011)은 난각강도는 난각의 초미세구조(ultrastructure)와 밀접한 관계가 있다고 설명하였다. Hamilton et al.(1979)은 파란 또는 파각 발생율은 전체 생산량의 6~8% 정도로 채란산업에 상당한 경제적 손실이 발생한다고 보고하였다. 따라서 이러한 계란 손실을 예방하기 위하여 칼슘, 인, 비타민 D 등 영양학적 방법으로 산란후기 난각의 품질을 향상시키는 연구는 다수 보고되고 있다.

본 연구에서 계란의 혈반과 육반의 발생 빈도는 56주령 이상인 산란후기에 가장 높게 조사되었다. 미국의 경우, 갈색란에서 육반과 혈반의 발생비율이 18%로 백색란의 발생비율인 약 0.5%보다 훨씬 높았다(USDA, 1987). 혈반은 닭의 난소 및 난관 혈관 과열 등으로 인하여 난황에 혈액이 포함된 계란이며, 육반은 난관 내 체조직의 일부분이 포함되거나 혈액이 산화 과정 등을 거쳐 색깔이 변색된 계란이다(Campo and Garcia Gil, 1998). 백색란에 비하여 갈색란에서 육반 발생비율이 높은 것은 난관 적혈구의 분해과정에서 생

성되는 protoporphyrin과 같은 난각 색소와 관련이 있는 것으로 알려졌지만, 정확한 기전은 아직 밝혀진 바 없다(Lang and Wells, 1987). Campo and Garcia Gil(1998)은 육반과 혈반의 발생비율은 산란계의 공포감과 스트레스 상태의 변화와 관련이 있다고 하였다. 본 실험에서는 산란후기 산란계에서 육반의 발생 비율이 높았는데, 이것이 산란계의 스트레스와 관련 있는지는 추가적인 연구가 필요하겠다.

산란계의 주령과 계란의 내·외부 품질의 상관성을 분석한 결과, 산란계의 주령이 증가할수록 난중, 점란, 사포란, 파각(별, 머리카락, 구멍 모양) 그리고 육반은 유의적으로 증가하였지만, 호우유닛은 감소하였다(Fig. 5). 따라서 산란계의 산란후기에 생산되는 계란의 품질이 전반적으로 감소하고, 이는 채란농가의 경제적 손실과 밀접한 관련이 있으므로, 산란후기 계란의 품질을 유지 또는 향상시킬 수 있는 전략(즉, 영양 및 사양관리 등)이 필요하다고 하겠다.

적 요

본 실험은 산란계의 주령이 계란의 품질에 미치는 효과를 조사하고자 국내 집하장 15개소에서 주령별 원료란 50개를 5주간 채취하여 난중과 계란 내·외부 품질을 평가하였다. 총 8,300개의 계란을 집하장에서 세척 등 등급판정 생산 공정 전 무작위로 채취하였다. 산란계의 주령은 20~65주령으로 5단계의 주령으로 구분하여 분석하였다. 주령이 증가할수록 난중은 증가하였으며, 호우유닛은 감소하였다. 난황색은 25~35주령에서 가장 높게 조사되었다. 오염란의 발생비율은 18~25주령에서 가장 높았으며, 26주령 이상에서는 차이가 발견되지 않았다. 계란의 외관평가에서 점란과 사포란의 발생비율은 주령이 증가할수록 증가하였지만, 칼슘스프레싱과 misshapen egg는 18~25주령에 가장 높게 조사되었다. 파각 발생율은 주령과 함께 증가하였으며, 파각의 유형에서는 별과 머리카락 모양이 높은 수준으로 발견되었다. 구멍 모양은 전 구간에 걸쳐 1% 미만으로 조사되었다. 혈반은 전 구간에 낮게 발견되었지만, 56~65주령에서 가장 높았다. 육반은 혈반과 비교하여 높은 수준으로 발생하였으며, 56~65주령에서는 10%이상 발견되었다. 본 연구에서는 청결상태를 나타내는 오염란의 비율이 높은 수준으로 조사되어 세척 공정이 필요할 것으로 조사되었다. 또한 주령이 증가할수록 파각이 많이 발생하고, 육반이 상대적으로 높은 수준으로 조사되었다. 본 연구를 바탕으로 계란의 내·외부 품질을 향상시킬 수 있는 전략과 더불어 육안으로 확인이 불가능한 파

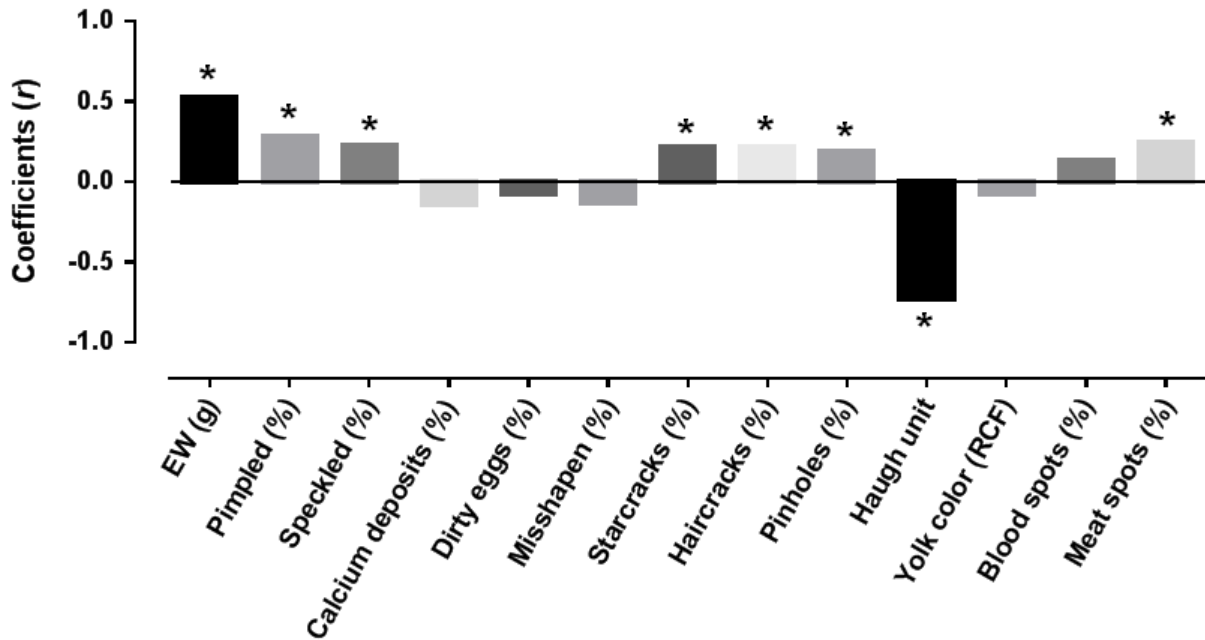


Fig. 5. Correlation coefficients (r) between age of laying hens and egg quality traits. Asterisks indicate a significant correlation ($P < 0.05$).

각란에 대한 관리 대책이 필요하겠다.

(색인어: 산란계, 주령, 계란품질)

사 사

본 연구는 농림축산식품부의 재원으로 농림수산식품기술기획평가원의 농생명산업기술개발사업(과제번호: MAFRA 316036-3)의 지원을 받아 연구되었으며, 이에 감사드립니다.

REFERENCES

- Bain MM 2005 Recent advances in the assessment of eggshell quality and their future application. *Worlds Poultry Science Journal* 61:268-277.
- Campo JL, Garcia Gil M 1998 Internal inclusions in brown eggs: relationships with fearfulness and stress. *Poultry Science* 77:1743-1747.
- Chukwuka OK, Okoli IC, Okeudo NJ, Udedibie ABI, Ogbuewu IP, Aladi NO, Iheshiulor OOM, Omede AA 2011 Egg quality defects in poultry management and food safety. *Asian Journal of Agricultural Research* 5:1-16.
- Curtis PA, Kerth LK, Anderson KE 2005 Quality and compositional characteristics of layer hens as affected by bird age. XIth European Symposium on the Quality of Eggs and Egg Products. Doorwerth, The Netherlands.
- Hamilton RMG, Hollands KG, Voisey PW, Grunder AA 1979 Relationship between eggshell quality and shell breakage and factors that affect shell breakage in the field-a review. *Worlds Poultry Science Journal* 35:177-190.
- Hess JB, Britton WM 1989 The effect of dietary chloride or protein changes on eggshell pimpling and shell quality in late production Leghorn hens. *Nutrition Report International* 40:1107-1115.
- Keener KM, McAvoy KC, Foegeding JB, Curtis PA, Anderson KE, Osborne JA 2006 Effect of testing temperature on internal egg quality measurements. *Poultry Science* 85:550-555.
- Kim CH, Song JH, Lee JC, Lee KW 2014 Age-related changes in egg quality of Hy-line Brown hens. *International Journal of Poultry Science* 13:510-514.
- Kim DJ, Lim SS 2015. A measure of improvement of the

- shell egg grading system. *Korean Journal of Poultry Science* 42:223-230.
- Kim HS, Kim SM, Noh JJ, Lee JI, Lee HJ, Jo C 2012. Effect of age of laying hens and grade of egg shell abnormality on internal egg quality. *Journal of Animal Science and Technology* 54:43-49.
- Lang MR, Wells JW 1987 A review of egg shell pigmentation. *World's Poultry Science Journal* 42:238-246.
- Lee JC, Kim SH, Sun CW, Kim CH, Jung S, Lee JH, Jo C 2013. Comparison of principle components and internal quality of eggs by age of laying hens and weight standard. *Korean Journal of Poultry Science* 40:49-55.
- MAFRA 2017 Agriculture, Food and Rural Affairs Statistics Yearbook. Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs.
- Mallet S, Guesdon V, Ahmed AMH, Nys Y 2006 Comparison of eggshell hygiene in two housing systems: Standard and furnished cages. *British Poultry Science* 47:30-35.
- Mazzuco H, Bertechini AG 2014 Critical points on egg production: Causes, importance and incidence of eggshell breakage and defects. *Ciencia e Agrotecnologia* 38:7-14.
- Miranda JM, Anton X, Redondo-Valbuena C, Roca-Saavedra P, Rodriguez JA, Lamas A, Franco CM, Cepeda A 2015 Egg and egg-derived foods: effects on human health and use as functional foods. *Nutrients* 7:706-729.
- Odabasi AZ, Miles RD, Balaban MO, Portier KM 2007 Changes in brown eggshell color as the hen ages. *Poultry Science* 86:356-363.
- Roberts JR, Chousalkar K, Samiullah 2013 Egg quality and age of laying hens: implications for product safety. *Animal Production Science* 53:1291-1297.
- Roland DA 1979 Factors influencing shell quality of aging hens. *Poultry Science* 58:774-777.
- Samiullah S, Omar AS, Roberts J, Chousalkar K 2017 Effect of production system and flock age on eggshell and egg internal quality measurements. *Poultry Science* 96:246-258.
- Samiullah S, Roberts JR, Chousalkar KK 2014 Effect of production system and flock age on egg quality and total bacteria load in commercial laying hens. *Journal of Applied Poultry Research* 23:59-70.
- Tumova E, Englmaierova M, Ledvinka Z, Charvatova V 2011 Interaction between housing system and genotype in relation to internal and external egg quality parameters. *Czech Journal of Animal Science* 56:490-498.
- Tumova E, Gous RM 2012 Interaction of hen production type, age, and temperature on laying pattern an egg quality. *Poultry Science* 91:1269-1275.
- USDA 1987 27th Random sample laying test. Report of egg production tests in United States and Canada. USDA, Agricultural Research Service, Washington, DC.
- Wolc A, Arango J, Settar P, O'Sullivan NP, Olori VE, White IMS, Hill WG, Dekkers JCM 2012 Genetic parameters of egg defects and egg quality in layer chickens. *Poultry Science* 91:1292-1298.
- Zaheer K 2015 An updated review on chicken eggs: production, consumption, management aspect and nutritional benefits to human health. *Food and Nutrition Sciences* 6: 1208-1220.
- Zita L, Ledvinka Z, Tumova E, Klesalova L 2009 Technological quality of eggs in relation to the age of laying hens and Japanese quails. *Revista Brasileira De Zootecnia* 41:2079-2087.

Received Feb. 19, 2018, Revised Mar. 20, 2018, Accepted Mar. 21, 2018

