



## 산란계 농장 계란 이송라인의 누적충격강도와 파각발생율의 상관성 분석

조동해<sup>1,2\*</sup> · 권병연<sup>2</sup> · 김다혜<sup>3</sup> · 김유빈<sup>2</sup> · 이경우<sup>4</sup>

<sup>1</sup>한국양계농협 경제사업부 팀장, <sup>2</sup>건국대학교 동물자원학과 대학원생,  
<sup>3</sup>건국대학교 동물자원학과 박사후 연구원, <sup>4</sup>건국대학교 동물자원학과 교수

### Correlation between Egg Breakage and Cumulative External Forces on Eggs during Egg Collection in Laying Hen Farms

Dong-Hae Joh<sup>1,2\*</sup>, Byung-Yeon Kwon<sup>2</sup>, Da-Hye Kim<sup>3</sup>, Yoo Bhin Kim<sup>2</sup> and Kyung-Woo Lee<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Technical Manager, Department of Economic Business, Korea Poultry Agricultural Cooperative, Seoul 02228, Republic of Korea

<sup>2</sup>Graduate Student, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

<sup>3</sup>Post-Doctoral Researcher, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

<sup>4</sup>Professor, Department of Animal Science and Technology, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

**ABSTRACT** This study was conducted to analyze the correlation between egg breakage rate and cumulative external forces on eggs during the egg transfer system in 12 commercial layers farms. The commercially available electronic egg device was used to detect the external forces on eggs during egg collection systems. In addition, egg breakage rate per farm was collected. It was found that the external force on eggs were greater in the order of washer and dryer connection part, conveyor connection part, transfer, sorter, collecting elevator, packer, egg transfer connection part, and egg tray. A positive relationship between the external forces on eggs during egg transit system and the incidence of cracked eggs per farm was noted. The external forces on eggs varied from 5G to 38G depending on the location and the egg breakage rate ranged from 3.2 to 14.5% per farm. Although efforts to produce eggs with high eggshell quality are considered important, extra care should be made to lower the external forces on eggs during the egg transfer system from laying house to egg packing center.

(Key words: laying hens, egg conveyor line, electronic egg, egg breakage rate)

## 서 론

축산물에 대한 위생·안전성이 강조됨에 따라 2020년 농림축산식품부의 고시로 계란선별포장업(EPC)이 신설되면서 가정 소비용과 급식용에는 계란선별포장장에서 처리한 계란만 사용할 수 있도록 법이 개정되었다. 앞으로 선별 포장 을 거친 계란의 유통이 확대될 전망이다. 이에 따라 계란 품질의 중요성은 크게 강조될 것이다. 계란 품질은 외부적인 난각 품질과 내부적인 내용물의 품질로 구분할 수 있는데, 소비수준의 향상으로 계란 외부적인 품질관리의 중요성 또한 커지는 가운데 계란 가공 산업이 발전하지 않은 국내 상황에서는 실금란 등 등외란 발생 및 처리문제가 크게 대두 되고 있다(Kim and Lim, 2015).

난각 품질에 영향을 주는 요소는 산란 시점의 산란계 주령, 케이지 시스템의 설계 및 케이지 바닥의 디자인, 케이지

재료 유형, 케이지 당 사육되는 산란계 수, 계사의 온도 및 습도, 취급 장비 유지 보수와 빈도, 유전적 체질, 환경 온도와 같은 다양한 요인이 작용하고 있다(Hamilton et al., 1979; Roberts, 2004). Roland(1988)는 실제 농장에서 최종목적지(소비자)까지 도달하기 전에 난각이 깨지거나 손실된 계란의 평균 추정치는 대략 13~20%에 달한다고 하였다. 따라서, 정상적인 난각강도와 난각두께를 가졌음에도 수집과 선별 및 수송과정 부주의 때문에 많은 양이 버려지고 일부는 등외란으로 처리되어 결과적으로 산란계 농가의 경제 손실이 발생하고 있다. 이러한 난각의 품질문제는 살모넬라와 같은 식중독균의 오염으로 인체의 건강에도 영향을 끼칠 수 있으므로(Chousalkar and Roberts, 2012; Howard et al., 2012), 난각의 품질을 개선하고 파각란 발생을 최소화하려는 연구와 노력이 필요하다.

농림축산식품부 통계에 따르면 2021년 생산된 계란 총

\* To whom correspondence should be addressed : welldone21@hanmail.net

개수는 약 153억 개 정도이며(MAFRA, 2022), 이중 등외란으로 분류되는 비율은 정확하게 조사되거나 집계된 바는 없다. 하지만, 축산물품질평가원에서 조사한 등급란 선별 시 등외란으로 판정받는 파각률을 평균 약 9.9%로 보고하고 있다(Lee et al., 2008). 난각의 품질이 불량하거나 컨베이어 시스템이 적절하게 보정되지 않으면 컨베이어 시스템을 통해 발생하는 계란에 가해지는 충격으로 이동하는 동안 많은 계란이 깨질 수 있는데, 국내에서는 산란계사에서 집란 장소까지 계란이 이동하는 컨베이어 시스템에서 발생하는 충격에 관한 연구는 전무한 실정이다. 따라서, 산란 이후 파각 발생에 영향을 주는 계란 이송라인과 선별 포장라인에서 계란에 가해지는 충격과 진동의 크기를 전자계란으로 측정하여 기초자료를 확보하고 농장 내 파각 발생 요인을 분석하는 것을 목적으로 수행하고자 농가 조사를 수행하였다.

### 재료 및 방법

#### 1. 조사 농장 및 생산공정

경기도와 경상북도에 소재하는 산란계 농장 중 12개 농장을 선정하여 2022년 4월부터 2022년 7월까지 4개월에 걸쳐 진행하였다(Table 1). 산란계 농장에서 계란 산란 후 이송 과정은 Fig. 1과 Fig. 2에 제시하였다. 산란계 케이지에서 산란한 계란은 1차적으로 알받이에 모인 다음 계란 벨트를 따

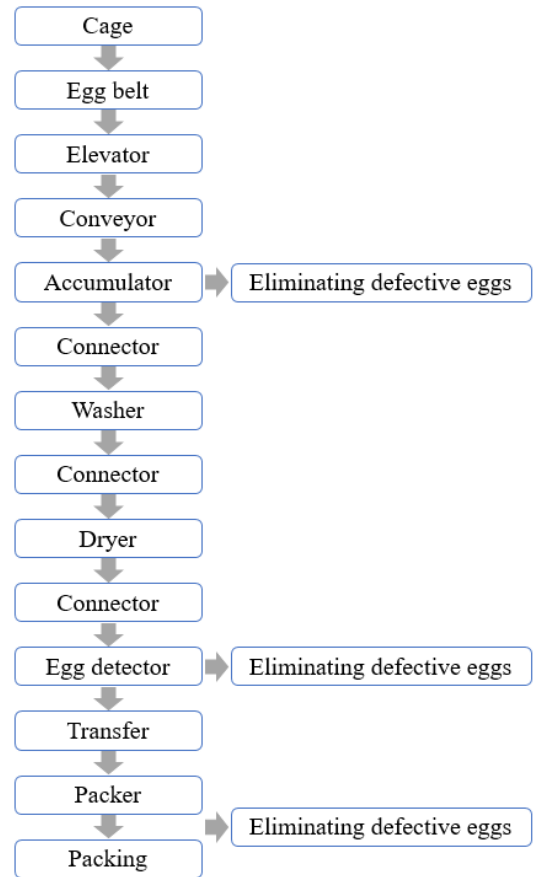


Fig. 1. The flowchart of egg production system from farm to egg packing center.

Table 1. Characteristics and status of experimental farms

Farms	Regions	Strains	Weeks <sup>1</sup>	Number of hens	Feeder type
1	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	58	300,000	Hopper
2	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	38	210,000	Hopper
3	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	25	80,000	Hopper
4	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	69	190,000	Hopper
5	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	60	85,000	Hopper
6	Gyeongsangbuk-do	Hy-Line Brown	34	150,000	Chain
7	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	38	95,000	Chain
8	Gyeonggi-do	Lohmann Brown	59	150,000	Chain
9	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	37	260,000	Chain
10	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	56	75,000	Chain
11	Gyeonggi-do	ISA Brown	56	55,000	Hopper
12	Gyeonggi-do	Hy-Line Brown	36	135,000	Chain

<sup>1</sup> Weeks = weeks of age.





**Fig. 2.** Egg transit system from laying house to egg packing center. Electronic egg (red in color) is shown in B, G, and I. A: cage with egg belt; B, C: elevator; D, E, F: conveyor; G, H: accumulator; I, J: connector; K: egg washer and dryer; L: crack detector; M: transfer; N: packer.

라 이동하며 집란 엘리베이터를 거쳐 로드 컨베이어로 옮겨진 다음 선별장으로 이동하게 된다. 선별장으로 들어온 계란은 정렬기를 거쳐 라인별로 정렬된 후 롤러 컨베이어로 옮겨지고 세척기와 건조기를 거치게 된다. 이후 육안검사 또는 자동 파각감지기를 거친 계란은 트랜스퍼로 수직 낙하되고 혈반감지기를 통과한 후 난중별 분류된 포장기에서 포장된다. 본 연구는 케이지에서부터 포장기에 이르기까지 전 계란이송라인을 모니터링하였다.

## 2. 조사 항목 및 방법

### 1) 이송 구간별 충격강도

농장별 계란이송라인의 충격강도를 측정하기 위해 무선 전자계란(Wireless Egg Node II, version 1.31, Orka Food Technology Ltd, USA) 2개를 활용하였으며, 농가당 2회 반복하여 실시간으로 전송하는 자료를 토대로 충격·진동 발생 위치와 크기를 측정하였다. 본 연구에 사용된 무선 전자계란(Wireless Egg Node™)은 실제 계란 모양과 무게로 고안된 장비로 계란 이동 중 받는 충격의 크기와 방향(x, y, z축)을 데이터로 전송한다. 장비 내부에는 온도 센서 및 3축(최대 40 G)의 가속감지 센서로 구성되어 있으며, 계란이 받는 충격(shock), 진동(vibration), 회전(rotation), 기울기(tilting) 및 온도를 실시간으로 모니터링할 수 있도록 그래프와 엑셀 자료를 손잡이가 부착된 태블릿PC에 데이터를 전송하며 충격이 발생한 정확한 위치와 크기를 제공하게 된다. 무선 전자계란에서 전송되는 충격 현황 그래프의 예시 화면을 Fig. 3에 나타내었다.

계란이 깨지는 임계값에 대한 보편적인 기준이 없어 Brazil Uniquimica 회사에서 설정한 기준을 참고하였다(Uniquimica, 2021). Brazil Uniquimica 회사에서는 본 연구에 사용된 동일한 무선 전자계란으로 다양한 실험을 거친 결과 계란 등급 및 포장 장비는 5G, 일반 계란수집기는 8G를 임계값으로 사용할 것을 권장하고 있다.

본 연구에서 농장 내 충격과 진동이 발생하는 측정 위치는 사전 현장 테스트 결과 농가에 따라 8~12개의 지점에서 나타났으나 자료를 일관성 있게 분석하기 위해 충격이 발생하는 지점을 크게 8개 지점으로 나누어 구간별 최대값을 기준으로 평균값을 구하였다. 충격이 발생하는 지점은 ① 케이지~알반이, ② 알반이~집란기, ③ 집란기~컨베이어~컨베이어, ④ 컨베이어~계란 정렬기, ⑤ 계란이송 연결부, ⑥ 세척기 및 건조기 연결부, ⑦ 트랜스퍼, ⑧ 팩커 8개 지점으로 구분하

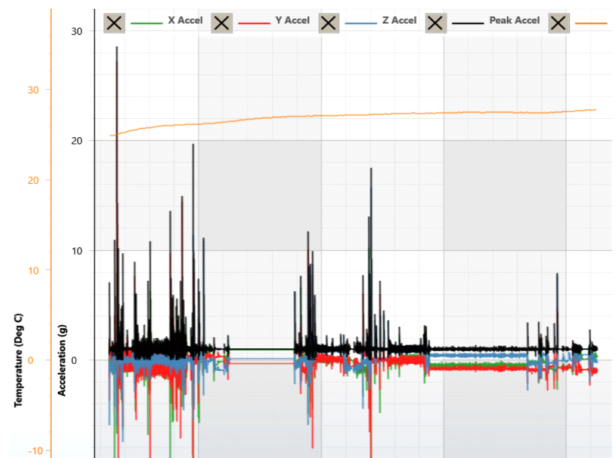


Fig. 3. An example of a graph of external forces measured using a wireless electronic egg (Wireless Egg Node II).

였다.

2) 농장별 누적충격강도 및 파각발생률 간 상관분석  
농장별 누적 충격강도가 파각발생률에 미치는 영향을 보기 위해 상관관계를 분석하였다. 계란이송과정 중에 발생한 충격의 크기는 충격에 대한 중력 가속도(G-value)로 나타냈으며, 파각발생률은 농장에서 검출된 수치와 외부 GPC(선별포장장)에서 검출한 수치를 합산하였고 파각검출기(ACD 066, Nabel Co. Ltd., Kyoto, Japan)의 감도는 동일한 수준으로 하였으며 파각검출기의 설정값은 super easy 5단계로 설정하였다. 충격강도는 8개 이송 구간별 충격강도를 기초로 농장별 누적 충격강도 산출하여 활용하였으며, 파각발생률은 농장 내 선별과정에서 발생한 파각 발생률과 농장별 GPC(선별포장장)의 파각검사 자료와 합산하여 총 파각발생률을 도출하였다. 얻어진 자료를 토대로 농장별 누적 충격강도 및 파각발생률 간 상관관계를 분석하였다.

### 3. 통계처리

본 실험의 반복은 농가로 설정하였다. 농장별 누적 충격강도 및 파각 발생률 간 상관분석은 엑셀 프로그램(Microsoft® Excel®)을 이용하여 상관계수( $r$ )를 구하였다.

## 결 과

본 연구는 경기도와 경상북도에 소재한 12개 산란계 농장을 선정하여(Table 1), 2022년 4월부터 2022년 7월까지 4개월에 걸쳐 수행하였다. 산란계의 주령은 25~69주령으로 다양하였으며, 품종은 하이라인, 로만라이트 및 이사브라운이



었다. 조사 농장 모두 무창계사로 사료 급이기는 호퍼 또는 체인 급이기, 그리고 이송 컨베이어 형태는 flexible과 rod 형태로 조사되었다.

1) 농장별 계란이송구간별 충격강도

농장별 계란이송구간별 충격강도는 Table 2에 나타내었다. 조사결과 농장에 따라 차이가 있으나 시설 노후화 및 관리 미흡 등으로 인해 각 계란이송라인 연결 부분에서 실금란을 유발할 수 있는 수준의 충격(8 G 이상)이 감지되었다. 케이지 내에서 산란한 계란은 산란 이후 케이지 경사도, 케이지 노후화, 바닥재의 장력 및 에그세이버(egg saver) 유무에 따라 평균 12.2±4.9 G (median=11.2, max=24.0, min=6.0)의 충격강도가 나타났다. 계란이 집란기에 옮겨질 때 집란

기가 틀어져 수평이 맞지 않거나 위치에 따라 충격강도가 달랐으며 집란기 형태와 노후화에 따라 평균 17.0±4.7 G (median=15.3, max=26.0, min=12.0)로 나타났다. 그리고 집란기에서 이송 컨베이어로 옮겨지는 부분의 연결상태, 관리상태, 낙차 및 완충장치의 유무에 따라 충격이 크게 나타났으며 이후 선별장까지 계란을 이송하는 컨베이어의 종류에 따라 큰 차이를 보였다. 하나로 연결되어 움직이는 플렉시블 컨베이어(Lubing type)는 대체로 양호하였으나 일자형 컨베이어는 2~3개 연결 부분의 낙차로 인해 농가마다 차이를 보였으며 평균 18.2±9.4 G (median=15.4, max=37.3, min=8.0)의 큰 충격이 발생하였다. 또한, 컨베이어를 타고 선별장으로 들어온 계란은 컨베이어와 연결된 정렬기(accumulator)의 낙차와 처리속도로 인해 충격이 있었는데 완충 유도판의 설

Table 2. The external forces on eggs during the egg transit system from house to egg grading packing center

Farms	Egg transit locations <sup>1,2</sup>								Total G-value <sup>3</sup>	TCE <sup>4</sup> (%)
	A	B	C	D	E	F	G	H		
1	6.0	20.5	8.0	15.0	21.0	16.0	5.5	21.0	113.0	5.2
2	11.0	13.3	17.7	23.0	14.7	20.3	14.7	15.0	129.7	5.6
3	6.7	15.0	8.0	16.7	19.3	10.7	6.0	17.0	99.4	3.2
4	9.0	12.5	13.5	15.0	6.0	17.0	19.0	11.0	103.0	4.8
5	9.3	13.3	8.7	17.0	10.0	15.7	10.0	11.7	95.7	3.7
6	15.5	15.5	28.0	18.0	5.0	10.0	22.5	18.5	133.0	5.3
7	15.0	15.7	15.0	19.7	9.7	21.3	30.0	13.3	139.7	6.3
8	24.0	26.0	31.0	19.0	20.7	36.7	17.0	29.3	203.7	11.5
9	15.3	23.0	15.7	20.0	14.3	28.0	19.3	8.7	144.3	7.0
10	10.7	22.7	37.3	24.3	20.7	22.7	38.3	25.7	202.4	14.5
11	11.3	15.0	15.0	10.0	10.0	17.0	18.0	15.5	111.8	6.7
12	12.5	12.0	21.0	19.0	19.5	22.5	20.0	15.5	142.0	9.5
Mean	12.2	17.0	18.2	18.1	14.2	19.8	18.4	16.9	134.8	6.9
Median	11.2	15.3	15.4	18.5	14.5	18.7	18.5	15.5	131.4	6.0
Max.	24.0	26.0	37.3	24.3	21.0	36.7	38.3	29.3	203.7	14.5
Min.	6.0	12.0	8.0	10.0	5.0	10.0	5.5	8.7	95.7	3.2
S.D. <sup>5</sup>	4.9	4.7	9.4	3.8	6.0	7.4	9.3	6.0	36.1	3.3

<sup>1</sup> A: cage to egg belt; B: egg belt to elevator; C: elevator to conveyor; D: accumulator; E: accumulator to connector; F: washer to dryer; G: transfer; H: packer.

<sup>2</sup> Values are expressed as G-value.

<sup>3</sup> Total G-value = Sum of the forces on egg at transit points.

<sup>4</sup> TCE = Total of cracked egg (%).

<sup>5</sup> S.D. = Standard deviation.

치 및 관리상태에 따라 평균  $18.1 \pm 3.8$  G( $\text{median}=18.5$ ,  $\text{max}=24.3$ ,  $\text{min}=10.0$ )의 충격이 나타났다. 이어지는 세척기와 연결되는 부분과 건조기 이후 각 연결 부분의 관리상태(수평, 낙차)에 따라 평균  $14.2 \pm 6.0$  G( $\text{median}=14.5$ ,  $\text{max}=21.0$ ,  $\text{min}=5.0$ ) 수준의 유의미한 충격이 발생하였다. 특히 세척기와 건조기 내부 연결 부분은 큰 충격이 발생하는 것으로 나타났다(평균  $19.8 \pm 7.4$  G,  $\text{median}=18.7$ ,  $\text{max}=36.7$ ,  $\text{min}=10.0$ ). 파각감지기를 거쳐 수평 이동을 수직 낙하로 전환하는 트랜스퍼로 이동하게 되며 이곳에서 다양한 충격이 발생하는 데 농장별 평균  $18.4 \pm 9.3$  G( $\text{median}=18.5$ ,  $\text{max}=38.3$ ,  $\text{min}=5.5$ )의 큰 편차를 나타내었다. 마지막으로 계란을 난중별로 선별하고 포장하는 팩커에 따라서 충격 차이가 컸으며 전자계란의 무게(73 g) 때문에 팩커의 난중별 구분된 각 레인별 팩커 상태를 조사하는 데는 한계가 있었으며, 왕란 선별라인의 경우, 평균  $16.9 \pm 6.0$  G( $\text{median}=15.5$ ,  $\text{max}=29.3$ ,  $\text{min}=8.7$ )로 조사되었다. 이번 연구에서 전체적인 충격 크기는 세척기와 건조기 연결 부분, 컨베이어 연결 부분, 트랜스퍼, 정렬기, 집란 엘리베이터, 팩커, 계란 이송 연결 부분, 알받이 순으로 나타났으나 각 농장의 설비와 관리수준에 따라 충격 정도와 충격 발생 지점에 많은 차이가 나타났다(Table 2).

2) 농장별 누적충격강도 및 파각발생률 간 상관분석  
농장과 GPC(선별포장장)에서 발생한 총 파각란 발생률은 농장에 따라 차이가 있었으며 본 실험에서는 3.2%에서 14.5%까지 나타났다(Table 2). 농장별 누적충격강도와 파각발생률 간 상관분석 결과는 Fig. 4에 나타내었다. 상관관계 분석 결과 농장별 누적 충격강도와 파각발생률은 높은 정

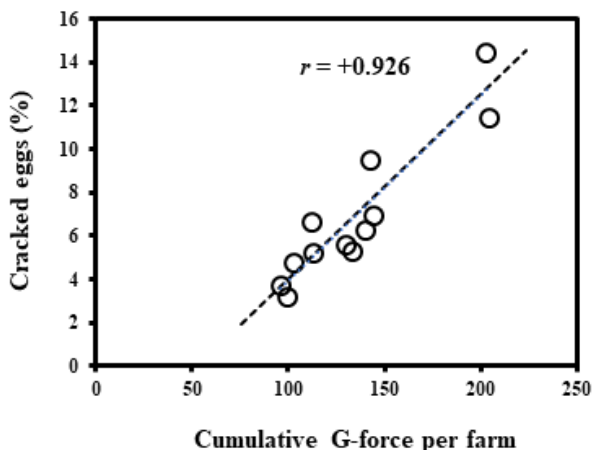


Fig. 4. Regression analysis between cumulative external force on eggs (G-value) during the egg transit system and the percentage of cracked egg per farm.

(+)의 상관관계를 나타내었다( $r=0.926$ ).

## 고찰

난각품질은 계란내용물과 함께 소비자에게 계란품질을 보장하는 중요한 요소이다. 난각은 전체 계란 무게의 10~11%를 차지하며 난각의 무게는 평균 5~6 g, 두께는 0.3 ~ 0.35  $\mu\text{m}$ 이다(Harikrishnan and Mohan, 2018). 난각의 칼슘함량은 약 1.7~2.5 g이며, 일반적으로  $\text{CaCO}_3$  94~97%, P 0.3%, Mg 0.2%, 유기물 2% 이하 및 기타 무기원소로 구성되어 있다(Nys et al., 2004; Harikrishnan and Mohan, 2018). 소량의 유기물은 대부분 기질 단백질(단백질과 향산화 분자가 풍부한 다당류의 혼합물)과 난각 색소로 구성되는데, 기질 단백질은 난각 구조를 결정하는 데 매우 중요하며 탄산칼슘 침착의 기초 역할을 한다. 난각의 품질은 계란 형성 단계와 산란 후 자동집란장치로 이송하면서 받는 충격 등 외적인 요인에도 영향을 받을 수 있다. Coutts and Wilson (2007)은 일반적으로 충격에 의한 큰 균열은 1~5%, 실금란은 1~3%, 별형(star-like) 파각란은 1~2% 내외로 발생한다고 하였다. 실제로 Roland(1988)의 연구에 따르면 계란은 생산단계에서 난각이 약하거나 미세한 금이 가는 형태로 생산되며 농장 내 집란, 이송 및 선별 포장장의 여러 단계를 거치면서 12.86%가 금이 가거나 깨진 상태로 나타나며 최종 매장에 도달할 때까지 추가적인 손실이 발생하여 총 13~20%에 추정된다고 하였다. Fathi et al.(2019)는 손상되고 깨진 계란으로 인한 손실은 총 계란 생산량의 8~11%를 차지할 수 있다고 하였으며 평균 난각 두께는 54 $\mu\text{m}$ 까지 증가함에 따라 유의하게 증가했지만 62주에 상당히 감소한다고 하여 품종 및 계란 연령 모두 난각의 물리적 및 기계적 특성에 영향을 미친다고 하였다.

Singh et al.(2007)은 전자계란을 이용한 연구에서 일반적인 계란생산시설에서 취급, 포장 및 운송하는 중에 난각의 결함은 2~7%로 보이며 산란 후 포장까지 이송과정 중 집란 엘리베이터와 로드컨베이어 연결부분, 팩커, 선별기, 세척기 연결부 순으로 충격이 강하게 나타났다고 보고하였다. Oh et al.(2008)은 계란 이송단계별 파각의 발생비율은 집란벨트 4.7%, 엘리베이터 2.5%, 선란기 1.7%, 컨베이어 0.9% 순이라 하였다. Van Mourik et al.(2017)은 전자계란을 이용한 충격을 줄이는 연구에 따르면 계란이 받는 운동에너지는 충격가속도와 관련이 있으며 계란이송라인을 통과하는 계란의 최대 가속도는 15~45 G 범위에 있으며 충격가속도가 30 G에서 20 G로 줄어들면 난각파손율이 7.7%에서 0.3~1.0%

로 낮아지며 30 G에서 40 G로 증가하면 파손율이 42~55% 까지 늘어난다고 하였다. 따라서, 닭의 주령이 증가할수록 난각의 품질이 떨어지기에 산란 후기 계란에 발생하는 충격 강도를 줄이는 것이 최우선이라 할 수 있다. 본 연구결과에서는 계란이 이송 중에 받는 충격강도는 5~38 G로 나타났으며 농장별 누적 충격강도와 파각발생률은 높은 정(+)의 상관관계가 나타났으며( $r=0.926$ ), 누적된 충격강도가 클수록 파각란 발생이 높은 것으로 나타났다. 계란에 균열이 생기는 일반적인 원인은 한 번의 충격이 아니라 누적된 충격이 원인이다(Simons, 2017), 중력가속도가 파각발생에 미치는 영향은 최대 가속도와 계란 산란 후 발생하는 누적된 충격량의 크기도 중요하다고 하겠다. Mertens et al.(2006)은 계란 파손이 발생하는 문제에 대해 다양한 연결 체인에서 발생하며 농장에서부터 계란 수집 포장과 관련된 중요한 파손 발생지점을 지적하고 기계적 충격으로 인한 손상을 최소화하기 위해 운송, 가공, 포장 및 보관을 고려해야 한다고 제안하였다. 본 연구에서도 산란 케이지에서 선별장까지 조사한 이송장치의 모든 장소에서 충격이 발생하고 있음을 확인하였다.

본 연구결과 산란계 농장에서 발생하는 파각발생률은 3~14% 또는 그 이상 발생하고 있었으며, 이는 계란 이송장치의 연결 부분에서 발생하는 충격과 높은 상관관계가 있음을 확인하였다. 하지만 농장의 표본수의 한계성으로 다양한 형태의 농장을 구체적으로 분석하기에는 한계가 있었기에, 향후 농가 표본수를 늘려 이송장치에서 발생하는 충격과 파각발생률 상관관계에 대해서 보다 세밀한 연구가 필요한 것으로 사료되었다.

## 적 요

본 연구는 농장 내 계란 이송시스템에서 발생하는 충격 정도를 파악하고 파란 발생률과 비교하여 문제점을 개선하기 위해 무창계사 12개 농장을 대상으로 하여 무선 전자계란(Wireless Egg Node II)를 활용하여 조사하였다. 전체적으로 충격 크기는 세척기와 건조기 연결 부분, 컨베이어 연결 부분, 트랜스퍼, 정렬기, 집란 엘리베이터, 팩커, 계란 이송 연결부분, 알받이 순으로 나타났으나 농장에 따라 충격정도 및 충격발생 지점에 많은 차이가 있었다. 계란의 충격강도와 파란 발생률은 높은 정(+)의 상관관계가 나타났으며 일회성 충격보다는 누적된 충격의 양에 따라 파각발생이 높았고, 조사 지점에 따라 5~38 G까지 다양하며 총 파각란 발

생률도 3.2%~14.5%로 나타났다. 파각 발생률을 낮추기 위해서는 난각 품질이 높은 계란을 생산하고자 하는 노력도 중요하지만 난각강도가 우수해도 최종제품에 난각이 파손되는 상황을 고려할 때 실금란 발생을 초래하는 계란이송라인 개선이 절대적으로 필요한 것으로 조사되었다.

(색인어 : 산란계, 계란 이송라인, 전자계란, 파각률)

## ORCID

Dong-Hae Joh <https://orcid.org/0000-0002-5592-2104>  
 Byung-Yeon Kwon <https://orcid.org/0000-0002-6588-7680>  
 Da-Hye Kim <https://orcid.org/0000-0002-1742-8543>  
 Yoo Bhin Kim <https://orcid.org/0000-0001-8417-6967>  
 Kyung-Woo Lee <https://orcid.org/0000-0002-3533-7979>

## REFERENCES

- Chousalkar KK, Roberts JR 2012 Recovery of Salmonella from eggshell wash, eggshell crush, and egg internal contents of unwashed commercial shell eggs in Australia. *Poult Sci* 91(7):1739-1741.
- Coutts JA, Wilson GC 2007 Optimum Egg Quality: A Practical Approach. 5M Publishing, Sheffield, Great Britain.
- Fathi M, Galal A, Abou-Emera O 2019 Physical and mechanical properties of eggshell as affected by chicken breed and flock age. *Br Poult Sci* 60(5):506-512.
- Hamilton RMG, Bryden WL 2021 Relationship between egg shell breakage and laying hen housing systems - an overview. *Worlds Poult Sci J* 77(2):249-266.
- 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 Poult Sci J* 35(3):177-190.
- Harikrishnan S, Mohan R 2018 Dietary factors improving egg shell quality in layer chicken: A review. *Int J Pure Appl Biosci* 6(5):480-487.
- Howard ZR, O'Bryan CA, Crandall PG, Ricke SC 2012 *Salmonella* Enteritidis in shell eggs: current issues and prospects for control. *Food Res Int* 45(2):755-764.
- Kim DJ, Lim SS 2015 A measure of improvement of the shell egg grading system. *Korean J Poult Sci* 42(3):223-230.

- Lee UG, Im CH, Kim YH 2008 Survey on occurrence of defective eggs at laying hen farms. *KAPE Magazine* 138:6-8.
- MAFRA [Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs] 2022 Agriculture, Forestry and Livestock Food Statistics 2022. MAFRA, Sejong, Korea.
- Mertens K, Bamelis F, Kemps B, Kamers B, Verhoelst E, De Ketelaere B, Bain M, Decuypere E, De Baerdemaeker J 2006 Monitoring of eggshell breakage and eggshell strength in different production chains of consumption eggs. *Poult Sci* 85(9):1670-1677.
- Nys Y, Gautron J, Garcia-Ruiz JM, Hincke MT 2004 Avian eggshell mineralization: biochemical and functional characterization of matrix proteins. *Comptes Rendus Palevol* 3(6-7):549-562.
- Oh KY, Ruy BG, Noh JS, Choi DS, Choe KJ 2008 Analyses on the status of eggshell breakage in the step of egg conveyer system of the laying hen house. *J Livest House Environ* 14(1):47-52.
- Roberts JR 2004 Factors affecting egg internal quality and egg shell quality in laying hens. *J Poult Sci* 41(3):161-177.
- Roland SR DA 1988 Research note: egg shell problems: estimates of incidence and economic impact. *Poult Sci* 67(12):1801-1803.
- Simons P, van Schie T, Holleman J 2017 *Egg Signals: A Practical Guide to Improving Egg Quality*. Roodbont Publishers, Zutphen, Netherlands.
- Singh JA, Ferrier, Chris, Singh P 2007 Measurement and analysis of the shocks generated during egg production. *J Appl Packag Res* 2(1):45-59.
- Uniquimica 2021 Case study of Wireless Egg Node in Brazil and its threshold. *The Poultry Site*. <https://www.thepoultrysite.com/articles/case-study-of-wireless-egg-node-in-brazil-and-its-threshold>. Accessed on November 2022.
- Van Mourik S, Alders BPGJ, Helderman F, Van De Ven LJF, Koerkamp PG 2017 Predicting hairline fractures in eggs of mature hens. *Poult Sci* 96(6):1956-1962.

---

Received Dec. 14, 2022, Revised Feb. 3, 2023, Accepted Feb. 9, 2023