

Investigation of Reliability of Automatic Cracked and Bloody Egg Detector

Jae Jung Noh¹, Seung Yeob Jeon¹, Byeong Seck Park¹, Sun Man Kim¹,
Heui Soo Kim¹, Hyun Joo Kim², and Cheorun Jo^{2*}

¹Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation, Gunpo 435-010, Korea

²Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 305-764, Korea

파각란 및 혈란 자동검란기기 검출 신뢰도 검증

노재중¹ · 전승엽¹ · 박병석¹ · 김선만¹ · 김희수¹ · 김현주² · 조철훈^{2*}

¹축산물품질평가원 대전충남지원, ²충남대학교 동물자원생명과학과

Abstract

This study was conducted to investigate the reliability of automatic cracked and bloody egg detector according to the age of the hens and the level of the detector. The results of this study are expected to be helpful in the implementation of the Korean egg grading system, which is expected to improve egg quality for consumers. An official egg grader randomly selected 1,000 eggs for each experiment (total 36,000 eggs), ran them through the automatic detector, and conducted labor inspection using the eggs that were classified by the detector as cracked, bloody, and normal eggs. The results showed that more cracked eggs were laid by hens aged 40-60 weeks than by hens aged 30 weeks ($p < 0.05$). Also, when the detector level increased from four to seven (i.e., when it became less sensitive), its cracked eggs detection rate dropped, and the total rate of cracked eggs was consistent after the labor inspection of the classified eggs. The automatic detector achieved over 97 percent accuracy. The bloody eggs constituted only 0.005 percent of all the samples, and all the detector-detected eggs were bloody eggs after the labor inspection of both the bloody and normal egg lines. Therefore, it can be concluded that the automatic cracked and bloody egg detector was reliable and can be used in the egg grading system. Considering that cracked eggs should be less than 9 percent of first-grade eggs in the present egg grading system, the use of an automatic crack detector may help provide better-quality eggs to consumers by producing less than 5.5 percent cracked eggs.

Key words : Reliability, cracked egg, bloody egg, level of detector, age of hen

서 론

세계 계란생산량은 1980년대부터 꾸준히 증가하여 현재 62,840천톤 수준이다. 나라별 생산량으로는 중국, 미국, 인도, 일본, 멕시코 순이며 우리나라는 566천톤으로(1) 세계 22위 생산국이다. 그러나 30,000수 미만의 사육가구 수는 산란계 총 1,535가구 중 61%, 10,000수 미만은 19%로 소규모 농가가 차지하는 비중이 높아 생산비 면에서 경쟁력이 미약한 실정이다(1). 국내 양계산업의 국제적 경쟁력을 증대시키려면 첫째, 효율적 생산체계의 확립을 통한 저원가

의 대량생산 능력을 갖추어야 하고, 둘째, 아직도 개선이 미흡한 양계산물의 품질을 국제적으로 향상시켜야 할 것이다(2).

계란의 품질평가는 2002년부터 시범 실시하여 현재 연간 555,000개의 계란이 등급란으로 출시되고 있으며, 매년 생산량이 2010년 기준으로 3.9%씩 꾸준히 상승하고 있다. 또한 1+등급의 출현율은 89.6%으로(3) 계란의 고품질화에 기여를 하고 있다. 2012년 7월 현재 계란등급판정 시행 집하장은 30개소로 전국에서 운용중인 전체 집하장 총 44개 대비 68.2%가 등급판정제를 시행하고 있고, 관심도 확대되는 추세이다.

계란의 품질평가는 품질공정을 거쳐 로트로 구성된 완성

*Corresponding author. E-mail : cheorun@cnu.ac.kr
Phone : 82-42-821-5774, Fax : 82-42-825-9754

품에서 표본추출된 계란을 외관판정, 투광판정, 할란판정 등으로 평가하여 가장 낮은 품질등급을 최종으로 부여하는데, 여기에서 파각란과 혈란의 분리는 품질평가에서 매우 중요한 항목이다. 2009년 (사)소비자시민모임 보도자료에 의하면 소비자가 계란을 깬 때, 혈반 및 육반 등 이물질이 발견되면 계란에 대한 혐오감을 일으킬 수 있으며, 국내 유통 중인 대형마트의 계란에서 이물질 출현율이 47%로 높게 나타났고, 파각란은 32개 제품 중 29개 제품(90.6%)에 한 알 이상 들어있었다고 하였다. 또한, 난각 표면에 금이 간 계란은 미생물 침투 등으로 인하여 완전한 계란보다 소비자에게 식품안전에 큰 위협으로 작용할 수 있다(4).

우리나라의 계란등급제도에는 각 품질등급별 허용되는 파각란의 비율이 있다. 등급란을 생산하는 집하장 및 농장에서는 그 기준에 맞춰 계란을 생산하기 위해 집란 설비에 자동 파각란검출기를 부착하여 사용하는 등 소비자가 원하는 품질이 우수한 등급란 생산을 위하여 많은 노력을 기울이고 있다. 집하공정에 활용되는 기기 중 국내에 사용되는 선별기는 등급란을 생산하는 집하장 조사결과 9종류이며, 파각란검출기 8종류와 혈란검출기 5종류를 탈부착 형식으로 사용하고 있다(1). 미국 D사의 집란 시스템은 파각 및 혈란 검출기를 부착하여 제품에 따라 시간당 평균 75천개에서 최대 180천개의 집란 및 계란검사를 실시할 수 있다. Cho 등(2)은 영상처리기술을 이용하여 크랙을 검출하기 위해 어두운 부분의 면적과 원형도를 기준으로 300개의 표본을 검사하여 난각에 실금이 있는 경우 97.5%의 검출율을 나타내었다. 또한 Choi 등(5)은 음파를 이용한 파각란 판별 알고리즘의 성능 평가결과 정상란과 파각란의 평균 선별 능력은 97.6%였다고 하였다. 혈란의 검출에 있어서도 Nakano 등(6)은 갈색란의 혈란 검출 실험에서 빛의 투과율과 neural network system을 이용하면 매우 유용할 것으로 판단하였다.

우리나라 산란계 농장의 갈색산란계는 백색산란계 보다 계란 생산비가 많이 든다. 그러나, 계란의 영양가를 비교할 경우 난각색과는 전혀 무관하며, 갈색란이 육반과 혈반의 출현율이 높다(7). Lawrence 등(8)은 미세균열의 파각을 확인하기 위해 압력조절장치의 챔버에 계란을 넣고 순간적으로 압력을 낮춰 얻어진 미세균열의 파각을 기기로 확인하는 실험에서 1.2%의 오차로 94.2%의 정확도를 보인 인력검사와 비교하여 0.3%의 오차로 99.6%가 일치하였다고 하였다. Jones 등(9)은 감압시스템의 미세파각 계란의 영상은 저온 저장기간이 지속되는 동안 계란의 품질은 변화가 없었다고 하였다.

현재 집하장의 파각 검란방법은 전등을 이용하며, 검란자의 숙련도에 의해 검출율이 크게 좌우되고, 지속적인 피로누적으로 오판이 많으며, 혈란 선별은 거의 불가능하다. 특히 선진국의 경우의 오판율이 10~20%에 달하고 있어서 기계화의 필요성이 증대되어 왔다(10). 우리나라도 효율적

인 품질관리 방법으로 파각란검출기(cracked egg detector)와 혈란검출기(bloody egg detector)를 선별기에 부착하여 사용하는 집하장과 농장이 증가하고 있음은 우수한 품질의 계란을 생산하는데 상당한 기여를 하고 있다고 판단된다.

본 연구는 인라인 집하시설 중 자동검란기기(파각, 혈란)의 신뢰도를 기기의 레벨 및 산란계의 주령에 따라 검증하여, 집하장 자동검란기기가 축산물품질평가원에서 추진 중인 계란품질공정시스템 도입에 효율적으로 활용될 수 있는지 기초자료를 도출하고자 수행하였다.

재료 및 방법

실험재료 및 기기

본 실험은 충남 논산에 위치한 K 산란계 농장에서 갈색산란계 Hy-Line 계통의 3개 계군에서 산란한 계란 36,000개를 대상으로 실시하였다. 해당농장은 무창계사이며, 처음 95,500수를 입수하여 1일 폐사율은 0.008%이었다. 실험계군에는 산란중기사료(서울사료, 인천, 대한민국)를 이용하였고, 일일 3회씩 수당 일평균 110 g을 체인식 급이 방법에 의해 제한급식을 하였다. 물은 니플을 이용한 무제한 자율급수였으며, 점등관리는 일일 14시간이었고, 계사의 온도는 자동온도조절시스템으로 하절기에도 24~30℃를 유지하였다. 환기는 터널식 강제환기를 하였으며, 1개 케이지(600 × 650 × 600 mm)에 평균 8수의 산란계가 입수되었다. 2012년 4월 4일부터 9월 20일까지 36회에 걸쳐 수행하였으며, 3개의 계군(30, 40 및 60주령대)은 각각 30주령대는 10시30분, 40주령대는 9시30분, 60주령대는 12시에 집란을 시작하였다. 선별기 공정의 세척과 중량측정 및 건조 과정을 거친 원란 1,000개가 무작위로 선별되어 파각란검출기와 혈란검출기를 통과한 후 파각란, 혈란 및 비파각 라인으로 선별된 계란을 수거하여 연구에 사용하였다.

본 연구에서 사용된 선별기(automatic grader)는 INNOVA 400(Diamond system, Michigan, USA)이며, 집하방식은 인라인으로 파각검출기와 혈란검출기를 포함하여 구성되어 있고 탈부착은 용이하였다. 검출원리는 초음파센서원리(파각란검출기)와 가시광선의 혈란투과량(혈란검출기)이며, 레벨설정은 파각란검출기가 1~15단계, 혈란검출기는 100~999단계로 조절이 가능하고, 단계별 숫자가 작을수록 민감도가 높아 강선별이 된다. 기기의 처리속도는 시간당 계란 100,000개였다.

파각란 검출율

선별기의 패키징시스템 중 파각란 라인(cracked egg line)은 파각란검출기를 통과하면서 파각란으로 선별, 집란된 계란이며, 비파각라인(uncracked egg line)은 파각라인에서 검출된 파각란 이외의 정상란과 미세 파각란이 혼입, 집란된

계란이다. 파각란검출기에서 파각란으로 인식하여 파각란으로 선별된 파각란 전체를 축산물품질평가원의 축산물품질평가사가 계란등급판정요령 중 투광판정요령을 이용하여 파각검출기의 검출율을 조사하여 파각란검출기의 검출율을 조사하였다. 또한 정상란이라 인식하고 비파각란으로 선별된 계란의 전체를 동일한 방법으로 검사하여 파각란검출기의 오류율을 조사하였다. 여기에 파각란검출기를 4~7레벨로 조정하여 레벨별 검출비율의 변화도 조사 분석하였다.

혈란 검출율

파각란검출기에서와 마찬가지로 혈란검출기에서 혈란으로 인식하여 혈란라인으로 선별된 전체를 축산물품질평가원의 축산물품질평가사가 혈란검사하여 혈란검출기의 검출율을 조사하였다. 또한 정상란이라 인식하고 정상라인으로 선별된 계란을 축산물품질평가원 계란등급판정방법의 난수추출프로그램으로 100개를 추출하여 혈란한 후 혈반의 유무로 혈란검출기의 오류율을 조사 하였다. 또한 혈란검출기도 500~800레벨로 조정하며 레벨별 검출비율의 변화를 조사 분석하였다.

혈반(blood spot)은 난황이 형성될 때 실핏줄이 터져 난황이나 난백에 유입되거나, 배란 시 난황막상의 혈관이 파괴되어 난관이 혈액과 난황을 취함으로서 발생하고, 혈란(bloody egg)은 난백전체가 혈액으로 영긴 상태의 계란을 말한다(11). 동 실험에서는 혈반과 혈란을 구분하여 혈액의 고유한 색을 어느 정도 유지한 경우, 장축의 크기가 3 mm 이상(혈반)과 미만(혈란)으로 구분하여 분류하였다.

통계분석

실험에서 얻은 모든 자료들의 통계분석은 Statistical Analysis System(SAS release 9.1) 프로그램으로 General Linear Model (GLM) procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 유의성이 있다고 판정된 처리구의 평균값 간 비교는 Duncan's multiple range-test를 이용하여 5% 수준에서 검정하였다. 또한 파각란검출기와 인력측정 결과의 차이는 t-test를 이용하여 비교하였다. 결과는 평균값과 표준오차(standard error of the means)로 보고하였다.

결과 및 고찰

주령에 따른 파각란 검출 신뢰도

계란의 집란 및 선란 과정의 기계화로 인해 계란이 받는 충격량이 증가하게 되고, 이로 인해 난각의 파각 발생률이 증가함에 따라 파각란 발생률이 증가하게 된다(12,13). 파각란의 발생원인은 산란계의 주령, 품종, 사료, 난각의 비정상적인 경화, 집란 및 선란 과정 중에 나타나는 계란 간 마찰,

계란과 계란선별기 부품간의 마찰 등을 들 수 있다(14). 이러한 파각에 의한 미생물 오염 등으로 식품의 안전성에 문제를 일으키거나 좋은 품질의 계란으로 판매할 수 없으므로(13), 파각란을 선별하여 균일한 품질의 계란을 유지하는 것은 매우 중요하다.

실험주령에 따른 파각란 검출을 비교는 Table 1과 같다. 레벨에 구분 없이 각 주령의 파각란 수를 비교한 결과 파각란 라인으로 선별된 균의 경우 60주령대가 30 및 40주령대에 비해 유의적으로 높은 파각란 수를 보였고, 비파각란으로 선별된 균을 인력측정하여 확인한 경우 40주령대와 60주령대의 차이는 없이 30주령대 계군에 비해 파각란 수가 많았다. 파각란 라인으로 선별된 경우 인력측정으로 확인하였을 때 모두 파각란으로 확인되었다. 그러나 비파각란으로 선별된 것 중에서 인력측정으로 확인한 결과 파각란으로 밝혀진 것이 5~7% 수준으로 나타났다. 특히 40주령대에서 파각란검출기가 인지하기 어려운 구멍파각이 다른 두 주령대에 비해 높은 것을 볼 때($p<0.05$), 해당 주령대에서는 기기와 인력측정의 차이가 클 수 있을 것이라고 판단된다. Oh 등(15)은 계란의 난각강도 계측결과 Hy-Line brown 계통 산란계의 경우 주령이 높아지면 과란율이 증가하고, 난각강도는 감소하는 것으로 보고하였다. 특히, 구멍파각은 노계, 불균형한 사료섭취, 유전적인 원인 등에 의해서 많이 발생할 수 있는데(16), 본 연구에서 40주령대 계군의 구멍파각이 현저히 증가한 것($p<0.05$)은 동 계군이 실험 중 질병에 의한 불균형한 사료섭취가 있었기 때문으로 생각된다. 실험주령에 따른 총 파각란 검출율은 30주령대 7.48%, 40주령대 9.68%, 60주령대 11%로 유의적으로 증가함을 보였다. De Ketelaere 등(17)은 주령이 높아지면 난각강도가 감소한다고 보고하여, 주령이 증가할수록 파각란 수가 증가한 본 연구결과와 일치함을 보였다.

Table 1. Number of detected cracked eggs per 1,000 eggs from a crack detector and labor inspection by hen's age

Age (week)	Cracked egg line		Uncracked line followed by labor inspection			Total
	Cracked	After labor inspection	Cracked	Hole	Sub total	
33~39	23.75 ^b	23.17 ^b	43.83 ^b	7.83 ^b	51.67 ^b	74.83 ^c
44~48	24.58 ^b	24.08 ^b	61.05 ^a	11.25 ^a	72.75 ^a	96.83 ^b
61~66	42.08 ^a	40.58 ^a	62.75 ^a	6.67 ^b	69.42 ^a	110.00 ^a
SEM ¹⁾	3.422	3.320	2.299	0.865	2.329	2.155

^{a-c}Different letters within the same column differ significantly ($p<0.05$).

¹⁾Standard error of the means.

Seo 등(18)의 보고에 따른 계란이 선별기 선란과정에서 발생하는 외력(약 1.0~2.0 Kg)에 의하여 파손되거나 또는 계속 실금(crack)을 유지한 상태로 선란과정을 마치게 되는데 자동파각검출기를 통과한 이후의 시스템 중 이송 및

포장장치에서의 충격이 발생하는 것으로 예상하였다. 또한 이송장치에서 계란이 받는 충격량은 약 2.1~4.0 Kg_f 정도이고 포장장치에서 계란이 받는 충격량은 약 0.4~0.5 Kg_f 정도로 최저 난각 파괴강도인 0.2 Kg_f 이상(18)이므로 피로 누적 위치 및 정도에 따라 파란의 발생이 예상된다(14). 따라서 본 연구에서 자동파각란검출기에서 검출되지 않고 인력측정에서 파각이 다수 발생한 것은 포장이 완료된 시점에서 계란을 수거하여 진행되었기 때문으로 판단된다.

파각란검출기 레벨에 따른 신뢰도

파각란검출기의 레벨에 따른 파각검출율 비교는 Table 2와 같다. 기계적으로 측정된 파각란과 인력으로 추후 확인된 파각란의 수의 합은 1000개 중 90~95개 사이로 유사함을 알 수 있었다. 계군의 주령 구분없이 비교한 결과 민감도의 레벨이 높아짐(7→4)에 따라 기기에 의해 파각라인으로 분류되는 파각란 수가 유의적으로 증가하며 반대로 비파각라인에서 인력측정에 의해 확인되는 파각란 수는 감소하는 것으로 나타났다. 따라서 레벨 4의 경우 레벨 7에 비해 두 배 이상의 높은 파각란 검출율을 보이고 있으며, 총 파각란 수 95개 중 42개를 기기가 선별하고 54개의 파각란이 기기가 선별하지 못하여 비파각 라인에 혼입되어 있었다.

파각의 형태 중 구멍모양의 파각은 시료 1,000개 중 8개 정도로 거의 자동 파각란검출기가 검출하지 못하였는데, 이는 측정 시 음향진동반응이 계란 중앙부의 90도 지점인 첨부와 둔부에서는 신호가 미약하여 구멍파각이 주로 발생하는 이 부위에서는 측정에 어려움이 있다고 판단되며(5), 추후 이에 대한 검출기 및 검출방법을 보완해야 한다고 사료된다.

한편 계란등급판정에서 파각을 허용범위는 1등급이 9% 이하이므로, 본 실험에서 사용한 계란의 경우 자동 파각란 검출기를 레벨 4에서 레벨 7까지 수준에서 작동하면 총파각율은 비파각라인에서 인력으로 확인한 레벨 4, 5, 6 및 7에서 각각 5.4%, 6.3%, 6.8% 및 7.3%로 모두 1등급 허용범

위에 포함된다. 본 실험결과 만일 검출기를 거치지 않고 바로 시장에 출하되었을 경우 9-9.5%의 파각란을 가지게 되므로, 자동 파각란검출기를 통과시킨 후 샘플링 검사를 통한 인력 측정이 병행할 경우 보다 좋은 품질의 계란을 소비자에게 제공할 수 있다고 판단된다.

계란 중량에 따른 검출율 비교

같은 레벨의 파각란검출기 수준에서 각 중량등급별 파각란 검출율 비교는 Table 3과 같다. 실험된 계란 36,000개 중 특란(60~68 g) 57%, 왕란(68 g 이상) 20%, 대란(52~60 g) 19%, 중소란(52 g 미만) 0.6%로 구분되었으며, 각 레벨에서 중량별 파각란 수는 유의적 차이가 있었다(p<0.05). 레벨 별 전체 파각란수는 특란이 가장 많고 왕란, 대란, 중소란 순으로 나타났다. 이는 단순히 생산량이 많은 중량에서 파각이 많이 발생한 것이며, 특란과 대란은 생산농가와 소비자 모두 선호하는 중량이다. 특란은 총파각란 수가 51~56개로 검출레벨별 일정하나, 레벨 4에서 레벨 7로 조정할수록 파각라인의 파각란 수가 검출이 감소하였고, 비파각라인의 파각란 수는 증가하였다. 이 결과는 중량 구별 없이 레벨별 실험과 동일한 결과이다. 왕란은 특란 다음으로 파각란이 검출되었다. 대란은 파각란 라인에서 평균 3~5개로 검출이 되었으며, 비파각라인에서도 9~13개 정도로 레벨별 차이는 미미하였다. 중소란의 파각란 검출은 평균 0.5개로 미미한 수준이었다.

파각란 기기측정과 인력측정의 비교

현재 파각란의 검사는 축산물 품질평가가사 개별 계란에 빛을 투광시켜 검사하지만 장시간 광에 노출될 경우 눈의 피로가 가중되어 오판 가능성이 있고, 또한 미세파각 검출에는 어려움이 있다. 그리고 이러한 인력에 의한 등급판정은 주관적인 견해가 반영되어 논란의 여지가 있을 수 있기 때문에 등급판정의 객관화를 위해 기계화를 하고 있다(19). 따라서 기기 및 인력을 이용한 파각란 측정 결과의 비교는 중요한 요소라 할 수 있다.

파각라인 내에서 기계측정과 추후 인력측정으로 확인한 파각란의 수는 유의적으로 다르게 나타나 파각란 검출기와 인력측정은 동일한 정확도를 갖지 않는 것으로 확인되었다 (Table 4). 기계의 레벨을 낮추게 되면 파각 정도에 대한 기계의 민감도가 저하되므로 현재 파각란의 혼입율을 조절하는 용도로 이용되고 있다. 본 연구결과 기계의 레벨 별 수준이 내려감(4→7)에 따라 기기로 인한 파각란 검출율은 감소하였고, 정상란으로 인식하여 비파각란 라인으로 선별된 계란의 파각여부에 대한 인력조사결과는 기계의 검출율과는 유의적으로 차이가 있는 것으로 나타났다(Fig. 1). 이는 파각란이 전혀 혼입되지 않은 완전한 계란만 선별하게 되면 농장 및 집하장의 경제적 손실이 너무 크므로 어느 정도의 수준조절이 가능하도록 제작되었기 때문이다. 따라

Table 2. Number of detected cracked eggs per 1,000 eggs from a crack detector and labor inspection by different levels of detector

Level	Cracked egg line		Uncracked line followed by labor inspection			Total
	Cracked	After labor inspection	Cracked	Hole	Sub total	
4	41.67 ^a	40.56 ^a	47.00 ^b	7.56	54.56 ^c	95.11
5	33.67 ^{ab}	32.56 ^{ab}	54.33 ^{ab}	8.33	62.67 ^{bc}	95.22
6	27.56 ^{bc}	26.89 ^{bc}	58.89 ^a	8.89	67.78 ^{ab}	94.67
7	17.67 ^c	17.11 ^c	63.90 ^a	9.56	73.44 ^a	90.56
SEM ¹⁾	3.927	3.747	3.431	1.198	3.483	5.676

^{a-c}Different letters within the same column differ significantly (p<0.05).

¹⁾Standard error of the means.

Table 3. Number of detected broken eggs per 1,000 eggs from a detector and labor inspection by weight standard

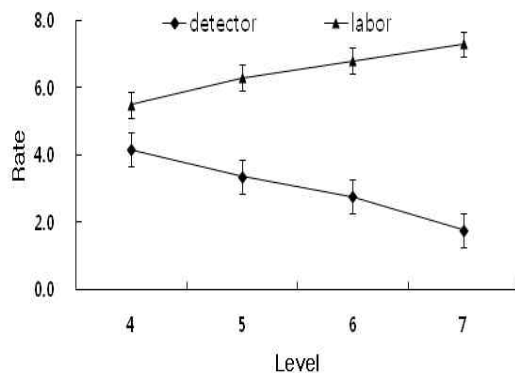
Level	Weight standard (g)	Cracked egg line		Uncracked line followed by labor inspection			Total
		Cracked	After labor inspection	Cracked	Hole	Sub total	
4	68 <	12.67 ^b	12.44 ^b	12.06 ^b	2.11 ^b	14.11 ^b	26.56 ^b
	60~68	21.89 ^a	21.00 ^a	26.56 ^a	3.78 ^a	30.33 ^a	51.33 ^a
	52~60	5.78 ^c	5.78 ^c	8.00 ^c	1.67 ^b	9.67 ^c	15.44 ^c
	< 52	1.33 ^c	1.33 ^c	0.44 ^d	0.00 ^c	0.44 ^d	1.78 ^d
	SEM ¹⁾	1.979	1.945	0.973	0.480	1.20 ⁶	2.587
5	68 <	9.22 ^b	8.89 ^b	12.22 ^b	2.00 ^b	14.22 ^b	23.11 ^b
	60~68	18.67 ^a	18.11 ^a	32.78 ^a	4.89 ^a	37.67 ^a	55.78 ^a
	52~60	5.33 ^b	5.11 ^b	8.89 ^b	1.33 ^b	10.22 ^{bc}	15.33 ^c
	< 52	0.44 ^c	0.44 ^c	0.44 ^c	0.11 ^c	0.56 ^c	1.00 ^d
	SEM ¹⁾	1.507	1.386	1.766	0.485	1.859	2.598
6	68 <	6.44 ^b	6.33 ^b	13.22 ^b	2.56 ^b	15.78 ^b	22.11 ^b
	60~68	15.78 ^a	15.22 ^a	36.22 ^a	5.11 ^a	41.33 ^a	56.56 ^a
	52~60	5.11 ^b	5.11 ^b	9.33 ^b	1.22 ^c	10.56 ^c	15.67 ^c
	< 52	0.22 ^c	0.22 ^c	0.11 ^c	0.00 ^d	0.11 ^d	0.33 ^d
	SEM ¹⁾	0.961	0.909	1.426	0.411	1.487	1.810
7	68 <	4.00 ^b	4.00 ^b	13.89 ^b	2.44 ^b	16.33 ^b	20.33 ^b
	60~68	10.67 ^a	10.11 ^a	38.11 ^a	5.33 ^a	43.44 ^a	53.56 ^a
	52~60	3.00 ^b	3.00 ^b	18.89 ^b	1.78 ^b	13.67 ^b	16.67 ^c
	< 52	0.00 ^c	0.00 ^c	0.00 ^c	0.00 ^c	0.00 ^c	0.00 ^d
	SEM ¹⁾	0.491	0.420	1.990	0.716	1.983	2.12 ⁶

^{a-c}Different letters within the same column differ significantly ($p < 0.05$).

¹⁾Standard error of the means.

Table 4. t-test result between crack detector and labor inspection in cracked egg detection

t-test	T-value	Pr > t
Detector vs Labor inspection	5.22	<0.0001
Detector vs Total	-10.00	<0.0001

**Fig. 1. Cracked egg rate by different levels of crack detector and labor inspection. Error bar indicates standard error of the means.**

서 검출기의 레벨 수준이 더욱 높아지면 검출율은 증가할 것이며, 인력측정과의 차이도 거의 없어질 것으로 판단된다. 그러나 파각란검출기를 사용하는 집하장의 기계관리 및 계군의 주령과 사양관리 방법, 그리고 집하된 계란의 난각상태, 운송상태 등에 따라 검출기의 수준은 다를 수 있음도 실제 현장에서는 고려해야 한다고 판단된다. 본 실험을 진행한 농장의 경우 기기의 레벨이 7인 경우에도 1등급란의 허용 파각율 수준(9%)을 넘어서지 아니하여 본 농장의 실험계군 계란의 파각란 검출율 수준은 우수함을 보였다.

파각란검출기의 레벨수준에 따라 검출된 파각란을 인력으로 전수 확인 후 그 일치 여부를 Fig. 2에서 나타내었다. 그림에서 일치율은 레벨 7일 때 96.9%로 최저를 나타내고 그 외는 97%를 상회하였다. 검출기의 레벨 수준을 달리하여도 검출기의 기계적 능력은 변함없이 일정한 선별능력을 나타내고 있어 인위적인 수준의 조절로 전체 파각란의 혼입을 조절하는 기능에는 신뢰성을 보인 것으로 판단된다. 즉, 검출기의 레벨은 단지 파각란의 파각정도가 더하고 덜함을 구분하는 감도 조정의 기능으로, 레벨을 달리하여도 파각라인으로 선별된 계란은 97%가 파각란임을 감안할 때 계란

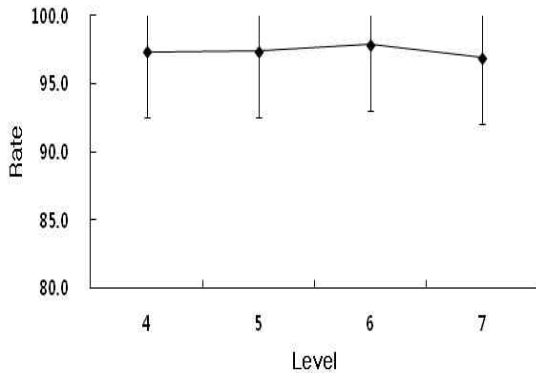


Fig. 2. Number of cracked egg in cracked egg line by different levels of crack detector after labor inspection. Error bar indicates standard error of the means.

집하공정에서 파각란검출기의 기능은 신뢰할 만 한 것으로 판단된다.

혈란 검출율

산란계의 주령 및 레벨에 따른 혈란 라인과 정상란 라인으로 구분하여 혈란 검출율을 비교하였다(Tables 5 및 6). 전체 실험기간 중 총 36회에 각각 표본 1,000개를 실험한 결과 혈란 검출율은 0.005%로 미미하였고, 인력측정 또한 3 mm 미만은 0.005% 검출되었다. 혈란검출기로 검출된 혈란라인의 계란을 할란한 결과 모두 혈란이었다. 특이한 점은 레벨 300에서 세팅이 안되는 기기적 오류가 발생했는데, 분광기에 투광된 갈색란의 파장값이 혈색소 성분의 파

Table 5. Number of detected bloody eggs per 1,000 eggs from a blood detector and labor inspection by hen's age

Age (week)	Bloody egg line		Normal egg line followed by labor inspection (100 sample)			Total
	Bloody	After labor inspection	Bloody (≤ 3 mm)	Bloody (> 3 mm)	Sub total	
33 ~ 39	0	0	0	0	0	0
44 ~ 48	0	0	0	0	0	0
61 ~ 66	2	2	2	0	2	4

Table 6. Number of detected bloody eggs per 1,000 eggs from a blood detector and labor inspection by different levels of detector

Level	Bloody egg line		Normal egg line followed by labor inspection (100 sample)			Total
	Bloody	After labor inspection	Bloody (≤ 3 mm)	Bloody (> 3 mm)	Sub total	
500	0	0	0	0	0	0
600	0	0	0	0	0	0
700	0	0	1	0	1	1
800	2	2	1	0	1	3

장값과 비슷하기 때문일 것이라고 생각되며, 이전 연구에서 혈란 선별을 위한 광투과성 측정결과 갈색란의 경우 혈란이 검출되지 않았다고 보고하였다(20).

본 실험에서는 혈반과 혈란을 구분하여 혈액의 고유한 색을 어느 정도 유지한 경우, 장축의 크기가 3 mm 이상과 미만으로 구분하여 분류하였다. Kim 등(21)의 연구에서 혈반란의 평균 출현율은 59주령 이후에 증가하였고 크기는 60주령에서 가장 크게 나타났다. 따라서 등급란에 주로 사용하는 주령대인 25에서 50주령까지에서의 혈반란의 출현율은 그리 높지 않다고 할 수 있으며 동 실험에서도 거의 출현되지 않았다.

요 약

본 연구는 계란 집하장의 선별기에 부착된 파각란 검출기와 혈란 검출기의 정확도를 산란계 주령과 검출기 레벨 수준에 따라 검증하여 계란등급판정에서 이용가능성을 제시하고 궁극적으로 유통과정에서 고품질의 계란을 소비자에게 제공하기 위해 실시하였다. 총 36,000개의 계란을 산란계 주령별, 검출기의 레벨별로 축산물품질평가사가 매회 1,000개씩을 무작위 추출하여 선별기를 통과시킨 후, 파각란과 혈란, 그리고 정상란으로 선별된 계란들을 직접 인력 측정하여 정확도를 검사하였다. 주령에 따른 파각란검출기의 결과는 주령이 높은 40주령대 이상의 파각란이 30주령대 보다 유의적으로 높았다($p < 0.05$). 또한 검출기 레벨이 높아질수록(민감도가 낮아질수록) 파각란 검출율은 떨어졌다. 그러나, 레벨별 차이로 선별한 파각란을 인력으로 확인한 결과 97% 이상의 파각 일치율을 보여 검출기 기능에 신뢰할 만한 결과를 보였다. 계란 중량별로는 특란, 왕란, 대란 및 중소란의 순서로 파각란 수가 많았다. 동일방법으로 실시한 혈란 검출기의 혈란 출현율은 0.005%로 미미하여 판단근거로는 부족하나, 검출된 계란을 할란하여 인력 측정된 결과 검출기로 선별된 계란은 모두 혈란이어서 100% 일치율을 보였다. 결론적으로 자동 파각란 검출기와 혈란 검출기는 신뢰할 만한 수준이며 계란등급판정에 이용할 수 있으리라 생각된다. 또한 현재 계란등급판정에서 파각을 허용범위는 1등급이 9%이하임을 감안할 때, 만일 파각란 검출기 4레벨을 통과한 계란이라면 소비자에게 도달할 때 파각란이 5.5% 이내로 관리되게 되어 보다 좋은 품질의 계란을 소비자에게 제공할 수 있다고 판단된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 차세대 바이오그린21사업(과제번호 : PJ0081330)의 지원과 일부 축산물품질평가원 현장연구

조사사업에 의해 이루어진 것으로 이에 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation (2011a) Animal products grading statistical yearbook. KIAPQ. Gunpo, Korea
2. Cho HK, Kwon Y, Cho SK (1995) Crack detection and sorting of eggs by image processing. *Korean J Poul Sci*, 22, 233-238
3. Korea Institute for Animal Products Quality Evaluation (2011b) Marketing Livestock and Meat in the Korea. KIAPQ. Gunpo, Korea
4. Todd ECD (1996) Risk assessment of use of cracked eggs in Canada. *Int J Food Microbiol*, 30, 125-143
5. Choi WK, Cho HK (2002) The acoustic vibration properties of chicken eggs. *J Korean Soc Agric Machine*, 27, 293-300
6. Nakano K, Mizutani J, Ohtsuka Y (1998) Studies on nondestructive detection of abnormal eggs (Part 1) Detection of blood spots in eggs using image processing. *Japanese J Soc Agric Struct*, 29, 17-23
7. Lee KH (1998) Comparison of performances between brown and white egg layers. *Korean J Poul Sci*, 25, 119-128
8. Lawrence KC, Yoon SC, Jones DR, Heitschmidt GW, Park B, Windham WR (2009) Modified pressure system for imaging egg cracks. *Transact Am Soc Agric Eng*, 52, 983-990
9. Jones DR, Lawrence KC, Yoon SC, Heitschmidt GW (2010) Modified pressure imaging for egg crack detection and resulting egg quality. *Poultry Sci*, 89, 761 - 765
10. Elster RT, Groodrum JW (1991) Detection of cracks in eggs using machine vision. *Transact Am Soc Agricul Eng*, 34, 307-312
11. Lee SK (1999) Chicken and egg science. Yuhannunhwasa, Seoul
12. Wall H, Tauson R (2002) Egg quality in furnished cages for laying hens effects of crack reduction measure and hybrid. *Poultry Sci*, 81, 340-348
13. Mertens K, Bamelis F, Kamers B, Verhoelst E, Ketelaere B, Bain M, Decuypere E, De DeBaerdemaeker J (2006) Monitoring of eggshell breakage and strength in different production chains of consumption eggs. *Poultry Sci*, 85, 1670-1677
14. So JK, Chang DI, Lee SJ, Lee YB, Yun TJ (1997) Study on reducing technology of cracked-egg for egg sorter -Measurement of vibration levels at expectation point of cracked-egg produced. *J Korean Soc Agric Machine*, 12, 293-301
15. Oh KY, Ruy BG, Noh JS, Choi DS, Choe KJ (2008) Analyses on the status of breakage in the step of egg conveyer system of the laying hen house. *J Lives Hous Env*, 14, 47-52
16. Coutts JA, Wilson GC, Fernández S, Rosales E, Weber G, Hernández JM (2007) Optimum egg quality - A practical approach. Lavoisier. Cachan, France
17. De ketelaere B, Govaerts T, Coucke P, Dewil E, Visscher J, Decuypere E, DeBaerdemaeker J (2002) Measuring the eggshell strength of 6 different genetic strains of laying hens: Techniques and comparisons. *Br Poult Sci*, 43, 238-244
18. Seo LH, Kim KD (1997) Development of gripper for damaged egg selection - Location of broken point and measurement of egg shell strength for damaged eggs. *J Korean Soc Agric Machine*, 13, 421-426
19. Choi WK, Lee K, Son JR, Kang S, Lee HY (2008) Automatic eggshell crack detection system for egg grading. *J Biosystems Eng*, 33, 348-354
20. Nakano K (1997) Application of neural networks to the color grading of apples. *Comput Elect Agric*, 18, 105-116
21. Kim HS, Kim SM, Noh JJ, Lee JI (2012) Effect of age of laying hens and grade of egg shell abnormality on internal egg quality. *J Anim Sci Technol*, 54, 43-49

(접수 2012년 11월 1일 수정 2012년 12월 12일 채택 2012년 12월 13일)