

卵殼質과 卵殼破裂과의 關係 및 卵殼破裂에 影響하는 諸要因

李 由 方 譯
(韓國科學技術研究所)

Relationship Between Egg Shell Quality and Shell Breakage and Factors that Affect Shell Breakage in the Field R.M.G. Hamilton, K. G. Hollands, P. W. Voisey and A. A. Grunder.

Animal Research Institute and Engineering and Statistical Research Institute, Central Experimental Farm, Ottawa, Canada.

Yu Bang Lee
Korean Institute of Science and Technology

Summary

About 6 to 8% of the eggs annually produced are broken or cracked between the hen and the consumer's carton. The majority of this breakage is due to interrelationships between egg shell quality and the many biological, environmental and managerial factors which have been individually identified as affecting breakage.

Some of the factors associated with shell damage discussed in this review include age of hens, temperature and humidity of the laying house, design of the cage systems and of the cage floors, type of material used to manufacture the cages frequency of daily egg collection in the laying house and, probably most important, the frequency and quality of handling equipment maintenance. Age and genetic constitution of the hens, environmental temperature, and design and quality of equipment maintenance are the major factors that influence shell breakage. There is a curvilinear relationship between shell quality and shell breakage which explains why small changes in shell quality may be associated with large changes in the incidence of breakage. Published data indicate the incidence of breakage may range from as low as 1 to 2% to 35% or more for other egg producers.

1. 序 論

破卵의 發生은 養卵業者에게 主要한 經濟적 손실이 되고 있으나 組織적인 資料가 없기 때문에 그 손실 정도를 精確히 測定하기 어렵다. 그러나 報告된 몇몇 資料에 의하면 영국에 있어서 年 生産 食用卵 150 億개 중 6.7%에 해당하는 10億개가 卵殼損傷으로 等級低下를 가져오고 있다 (Carter, 1976). 獨逸의 경우, 産卵時부터 소비자에 이르는 동안에 年中 계란 손실은 약 8%로 추정되고 (Folkerts, 1976), 미국의 경우에는 不良한 卵殼으로 인한 손실이 6.4%로 보고되었으며 (Roland, 1977), 캐나다에 있어서도 이와 유사하였다 (Wasylyshen, 1976). 이를 금액으로 환산하면 미국의 경우 年 6千萬弗, 캐나다는 年 6百萬弗의 손해를 가져오고 있는 셈이 된다.

破卵發生의 감소는 養卵業者에게 經濟적 수익을 향상시키는 實地적인 方法이 된다. 예를 들어 난각이 손상된 계란이 12개당 25센트 할인판매되는 경우 1日 生産量 60,000개에 대해 破卵發生率을 1% 감소한다면 年中 4,500弗의 수입증대를 가져올 수 있게 된다. 경우에 따라서는 産卵時로부터 小賣 包裝하기 까지의 中間과정에서 사용되는 機具를 잘 청소하고 정비만 하더라도 파란발생을 1% 감소시킬 수 있다 (Toleman, 1978).

이 總說의 目的은 卵殼質과 卵殼破損間의 關係를 구명하고 實際 現場에서의 卵殼破損에 影響하는 諸要因들을 高찰해 보고자 함이다.

2. 卵殼質과 卵殼損傷

간단히 말해서 卵殼의 強度가 난각에 가해진 外部 힘보다 더 적을 때 계란은 깨지지 된다. 이것은 당연한 얘기같이 들리지만, 난각파손의 빈도는 난각 자체의 強度와 不當한 取及의 程度라는 두 가지 요소에 의존한다는 중요한 사실을 강조하고 있다.

卵殼의 強度는 난각을 구성하고 있는 物質의 性質, 즉 物質強度 (material strength)와 계란의 크기, 형태, 난각물질의 두께와 분포상태 즉 構造的 強度 (structural strength)에 의해 결정된다 (Carter, 1970; Voisey and Hunt, 1974; Hammerle, 1969; Hunt et al. 1977). 위에 말한 物質強度의 測定은 그 방법의 可及性과 장시간이 소요되어 이에 대한 資料가 매

우적이며 (Carter, 1970; Voisey and Hunt, 1974), 있다고 해도 측정된 계란 표본수가 적은 편이다.

物質強度와 構造的 強度사이의 상호관계는 복잡하지만 (Hammerle, 1960) 다음과 같이 생각할 수 있다. 즉 높은 物質強度를 가진 얇은 卵殼層이 낮은 物性강도의 두꺼운 난각층보다 더 단단할 수 있다 (Voisey and Hamilton). 褐色卵은 白色卵에 비해 난각은 얇지만 破殼力이 더 높았다고 보고되었는데 (Potts and Washburn, 1974), 이는 物質強度가 중요한 要素임을 나타내고 있다. 따라서 食品衛生학자나 영양학자가 그들의 실험 목적을 세울 때 物質強度를 증진시킬 것인지, 卵殼두께의 변화를 통하여 構造的 強度를 증진시킬 것인지 또는 이 두가지를 다 증진시킬 지 그 기본 目標을 충분히 고려하여야 한다 (Anderson et al. 1974; Potts and Washburn, 1974; Voisey and Hamilton, 1976).

實地 現場에 있어서 계란은 두가지 조건하에서 파멸된다. 즉 衝擊 (impact)과 準靜的加壓 (quasi-static compression)이다. 衝擊은 계란이 서로 부딪칠 때 혹은 케이지나 취급기구의 일부에 부딪칠 때 생기는 것이고 準靜的加壓은 계란이나 계란상자를 서로 쌓아올릴 때 생성된다. Orr 등 (1977)에 의하면 산란제사에서 産卵, 採卵 및 상자 (15-dozen case)에 포장시 발생하는 破卵은 대부분 충격에 의한 것인데 반해 輸送, 洗卵, 等級 및 再包裝 時에 발생하는 破卵은 주로 加壓에 의한다고 하였다. 충격 및 가압에 대한 난각의 抗破壞力은 卵殼物質의 性질과 난각의 두께, 크기, 屈曲半徑 등의 構造的 特性에 依存한다. 따라서 난각 강도의 測定시 충격과 가압의 두 가지 시험을 다 하는 것이 적절하다.

3. 現場에서의 破卵發生 根源

鷄卵의 産卵時부터 소비자에 이르기 까지의 과정에서 일어나는 계란 취급방법, 사용되는 설비와 기계들은 일반화 되어 있는데 이를 몇개의 단계로 나누고 각 단계에서의 파란발생을 종합해 보면 표 1에 나타난 바와 같다. 討論의 的의상 이들 단계를 4개로 나누었는데 (1) 産卵단계 (2) 계란 集荷點 까지의 移動 (3) 洗卵 및 包裝 (4) 輸送 등이다. 이들 각 단계에서 破卵을 가져오는 主要 要因 들을 高찰해 보고자 한다.

1) 産卵段階 (point of lay)

産卵數의 3.5%에 해당하는 상당히 높은 빈도의 파란이 이 단계에서 발생하는데 이에 관계되는 몇가지 요인을 들면, ① 닭의 연령 (Eggleton and Ross, 1971; Bezpa et al.; 1972), ② 産卵時 닭의 자세 (carter, 1971), ③ 케이지 시스템의 설계 (Bezpa et al.; 1972; Johnston and Erust, 1975), ④ 케이지바닥의 설계 (Overfield, 1976)와 사용된 재료의 종류 (Anderson and carter 1972), ⑤ 케이지 당 수용首數, 그리고 ⑥ 採卵箱 (egg tray) 혹은 採卵벨트 위의 계란數 (Bezpa et al.; 1972) 등이다. 이들 요인들 중 ①과 ②는 生物學的인 것이므로 채란업자가 임의로 조정할 수 없으나 ③~⑥의 것은 어느 정도 적절히 조절할 수 있다. 예를 들면 Bezpa 등 (1972)에 의하면 産卵時 破卵發生 빈도가 平層式 (flat deck)의 경우 4.57%이었고 층제식 케이지 시스템의 경우 2.83%이었다. Overfield (1976)는 케이지 바닥을 1.6mm 직경의 철사로 만든 25mm 육각형 철망으로 하였을 때, 케이지바닥 경사가 9.5°일 때 13.2%의 파란 발생에 대해 경사가 11.5° 혹은 13.5°일 때는 5.6%에 불과하였다.

산란 후 채란상이나 벨트로 굴러나 오는 동안의 파란발생은 낮은 편인데, 파란의 정도는 케이지, 산란상, 채란벨트의 유지상태에 밀접히 관련된다 (Johnston, 1975). 굵은 産卵箱, 돌출한 철망, 부적절

히 整列된 채란벨트는 파란의 원인이 된다.

2) 集荷點까지의 계란의移送

이 단계의 破卵率은 産卵段階보다 높은 경우도 있으나 (Eggleton and Ross, 1971; Berry, 1976), 일반적으로 낮다 (Bezpa et al. 1972). 기계적 채란장치의 적절한 유지상태 여부가 파란발생의 주요 요인이 된다 (Johnston, 1975). 다른 요인들로서는 채란벨트의 속도, 벨트 위의 계란密集을 방지하기 위한 採卵間隔, 추운 계절에 産卵鷄舍間을 연결하는 채란벨트를 위한 防水, 斷熱된 터널의 사용, 벨트 상의 直角回轉數, 그리고 이 회전 장소의 넓이 등이다. 研究결과에 따르면 (Voisey et al., 1979; Place and Eroschenko, 1976), 卵殼強度는 계란온도가 낮아짐에 따라 증가하는 경향이 있으므로 斷熱된 터널의 사용은 꼭 좋다고는 볼 수 없다. 손으로 採卵하는 경우에는 採卵者의 손의 익숙 정도, 채란시 채란 이외에 수행해야 하는 추가 작업, 채란에 사용되는 난좌 (egg flat)의 형태, 채란사 내부 바닥의 고른 상태, 산란계사와 出荷地點 (shipping area) 사이의 路面狀態 등이 破卵率을 결정하는 요인이 된다.

3) 洗卵 및 包裝

鷄卵處理場에서 收納된 계란의 3.6%가 이미 破卵이고 처리장의 취급과정에서 다시 3.7%의 破卵이 발생한다고 보고 되었다 (Brooks, 1971). 계란처

Table 1. Source and incidence of egg shell breakage between oviposition and the carton retailed to the consumer

	Eggleton and Ross (1971)		Bezpa et al. (1972)		Bramhall et al. (1973)		Johnston and Ernst (1975)		Berry (1976)	
	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range	Mean	Range
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Point of lay	1		3.8	0 -17.7			3.2	0.8-9.3	3.5	0-35
Collection, mechanical	4.1	1.8-8.2	0.3	0 -1.4			2.5			
manual					2.2	1.0-4.2	2.0	0 -3.6		
Cross belt	5.3	-	1.4	0 - 5.9			1.0	0 -7.4	3.5	1-10
Elevator	1.7	-					1.2	0 -3.9	5.4	1-11
Accumulator	7.9	-					0.6	0.2-1.4		
Washer			5.8	0.8-15.0	1.8	0.5-4.0	1.5	0.5-2.6	2.7	0-11
Packer					1.4			1.4	0.2-6.7	3.5
Transport					1.1	0.6-3.1				
Total	19.0		11.3	0.8-40.0	6.5	2.1-11.3	11.4	1.7-34.9	18.6	2-75

리장에서 생기는 약 2%의 破卵은 洗卵機의 콘베어에 계란을 옮기고 洗卵과정을 거치는 동안에 생기고 나머지 1.7%는 小包裝, 大包裝과정에서 생긴다. 따라서 이 단계에서 破卵率을 좌우하는 것은 사용되는 기구들의 원활한 作動 如否이다. 즉 Brooks(1971)의 보고에 의하면 계란 적재기(loader), 세란기에 문제가 있는 두 공장의 경우 처리장내 파란의 각각 82%, 69%가 이들 기계에 의한 것이었는데 다른 정상적인 처리장의 평균치인 55%에 비해 훨씬 높았다. 또한 포장기에 문제가 있는 세 공장의 경우 총 파란수의 각각 78, 57, 53%가 포장단계에서 일어났고 이는 他 15개 처리장의 평균치 45%에 비해 높은 수치이었다.

세란, 포장단계에서의 파란발생에 기여하는 다른 요인들로서는 일손의 불충분과 未熟, 납은 알판(filler-flat)과 상자, 洗卵中の 取及 및 스트레스(세란 용수의 온도 및 세란기 기계적 조작) 등이다.

Nethercote등(1971, 1974)이 소매용 포장상자(carton)의 제조에 사용한 素材의 영향과 큰 포장상자(case)에 이들 소매포장 carton을 적재하는 방법의 영향을 검토한 결과, 큰 상자에 포장시 carton은 같은 방향으로 배열할 것이 아니라 각 層을 서로 반대방향으로 엇갈리게 적재하는 것이 좋고, 펄프나 폴리스타이렌으로 만든 carton의 경우 그 素材 보다는 carton의 디자인이 더 중요하였다.

계란이 중심 처리장(central plant)에서 洗卵 等級되는 경우 각 채란농가에서 중심처리장까지 수송하기 위한 포장방법도 매우 중요하다.

4) 輸 送

제한된 연구보고에 의하면, 수송단계에서 총 계란생산량의 약 1%가 파란으로 발생한다. 수송시의 파란은 여러가지 요인 즉 계란상자를 차 속에 적재하고 고정하는 방법, 차에 적재하는 일손의 양과 질, 차량의 운전태도, 노면상태, 수송차량의 반동상태 등이다.

4. 卵殼強度 測定方法

卵殼強度 측정을 위한 여러가지 방법과 기구가 고안되어 왔는데 이에 대해 Tyler(1961), Wells(1968), Hammerle(1969), Voisey and Hunt(1973, 1974) 등에 의해 이미 고찰된 바 있다.

準靜的加壓 및 衝擊실험을 할 때 유의할 사항은 1) 加壓하는 힘의 加重速度가 일정해야 하는데 이는 난각물질이 加壓速度에 민감하기 때문이며 (Voisey and Hunt, 1969; Reece and Lott, 1976; Place and Eroschenko, 1976); 2) 壓力 기록장치의 반응이 정확해야 하고 (Voisey and Hamilton, 1977C); 3) 卵殼強度의 推定方法들 間의 關係가 반드시 직선적인 것은 아니며 (Voisey and Hamilton, 1976, 1977 b); 4) 난각파괴력은 난각온도에 따라 달라진다 (Place and Eroschenko, 1976; Voisey et al., 1979)는 점 등이다.

卵殼強度를 측정하는 두 가지의 직접적이고 실제적인 방법은 충격에 대한 저항력과 난각파열에 소요되는 加壓정도를 측정하는 것이다. 실제 현장에서 계란이 받는 거친 취급을 모방하여 일정한 충격과 압력을 가했을 때 파열시 까지의 난각의 최대 저항력을 정확히 측정할 수 있게 된다 (Voisey and Hunt, 1974). 比重, 非破壞的變形(non-destructive deformation), 난각에 구멍을 뚫을 때의 저항력 등의 간접적인 방법은 전술한 직접적 방법에 의한 난각 파괴력을 예측할 수 있고 계란 1개당 여러번 반복 측정할 수 있다. (Voisey and Hamilton, 1976; Hunt et al., 1977). 그러면 이러한 여러가지 파괴적, 비파괴적 측정방법들이 과연 야외 현장에서 계란의 破卵生成 여부를 예측할 수 있을지는 아직 의문점으로 남아 있다.

표 2는 각 측정방법에 따른 측정하는 난각의 성질, 적절히 조절해야 하는 요소들, 측정치의 變異 정도를 나타내고 있다.

5. 卵殼破裂을 예측하기 위한 실험실적 측정방법의 평가.

제한된 연구결과를 종합할 때, 卵殼強度의 실험실적 측정치와 현장조건하에서의 난각파열 간에는 어느 정도의 상관관계가 있다고 하겠다. Tyler와 Geake(1958)에 의하면 한 닭에서 생산된 계란 중 파란은 健全卵에 비해 난각이 얇았는데 (300 : 321 μ m), 21 μ m의 적은 차이가 파란생성 여부에 관계됨을 볼 때 난각두께의 정확한 측정이 필요함을 시사하고 있다. 또 Wells(1967 a)의 보고에서도 파란은 産卵時 건조란에 비해 현저하게 ($P < 0.01$) 난각두께가 얇았는데 이때 난각두께는 단위면적당 난

Table 2. Non-destructive, and destructive methods for measuring egg shell strength.

Method	Nature of measurement	Shell property measured	Factor(s) to control	Range for means; CV ¹	Reference
Specific gravity	Non-destructive	Physical	Solution temperature and specific gravity	1.079-1.085; 0.5 -0.9%	Voisey and Hamilton, 1977a
Deformation	Non-destructive	Structural	Load(0.1 to 1.1kg) Recorder sensitivity	370-760 μ ; 10-25%	Voisey and Hamilton, 1976 Voisey and Hamilton, 1977c
Quasi-static compression	Destructive	Material	Compression rate	2.7-4.9 kg; 14-25%	Voisey and Hunt, 1969 Reece and Lott, 1976 Place and Eroschenko, 1976
Puncture	Destructive	Material	Probe diameter and velocity	1.49-1.58kg; 14.6-15.2%	Clark and Acree, 1974 Voisey and Hunt, 1969 Voisey, 1975
Impact	Destructive	Structural	Recorder sensitivity Length of rod Drop height	5.2kg; 18%	Voisey and Hamilton, 1977c Voisey and Hunt, 1968 & 1974

¹C. V.=coefficient of variation.

각무게 (mg/cm²) 로 표현되었다. Tyler와 Geake (1953)은 난각두께와 단위면적당 무게 (SW/SA, mg/cm²) 사이의 관계를 $T=3.98(SW/SA)+16.8$ 로 나타냈는데, 이 때 T=난각두께이고 SW/SA 는 난 각막을 포함한 것이다.

卵殼破裂과 난각의 물리적 특성 사이에는 曲線關係에 있다는 것이 여러 보고에 나타나 있다. Tyler와 Geake(1960)은 %破卵과 난각두께 간의 관계를 $C=1,452e-0.0586T$ 로 나타냈는데 이때 C=%파란, T=난각막을 제거한 평방 cm² 당 무게 (mg/cm²) 이다. 이 결과를 外插하면 200rm(45.6mg/cm²)보다 얇은 난각을 가진 계란은 100% 破卵이 되고 435rm(100mg/cm²) 보다 두꺼운 난각을 가지면 破卵이 4.1%에 불과하다는 결론이 된다. 실제로 45.0mg/cm² 보다 얇은 두께의 난각은 모두 破卵이 되었음을 발견하였다. 한편 McNally (1965)는 %난각파열과 난각무게 간의 曲線關係를 $\log Ey=3.8645-0.5529X$ 로 나타냈는데 $Ey=%$ 파란, $X=$ 난각무게 (g) 이다. 또 Wells(1967 a)에 의하면 %파란과 卵比重 간에도 곡선관계에 있는데 비중 1.043 이하의 모든 계란은 파란이었고 비중 1.053 내외의 계란은 50%가 파란인데 대해 비중 1.087 이상은 파란이 전혀 없었다고 하였다. 이 결과는 White Leghorn X Buff Rock의 산란계가 6개월령부터 24주간 생산한 계란에 대해 조사한 것이었다.

Erust와 Johnson(1977)은 %파란(Y)과 난각무게(X) 사이에는 $Y=25.75-1506.7X$ 의 직선관계

있다고 했는데 이는 난각두께가 0일 때 최대파란율은 25.6%임을 나타내고 있어 타당성이 없는 관계식이라 생각된다. 같은 실험에서 이들은 보고하기를 자동식 채란장치를 사용할 때 300rm보다 얇은 난각의 계란은 이보다 두꺼운 계란보다 파란율이 높았다고 하였다. 즉 파란발생 확률이 난각두께 305rm인 경우 0.34인데 대해 330rm인 경우에는 0.14이었다. 한편 Carter(1970)와 Hunt et al. (1977) 등이 난각두께의 총정도만이 난각의 항파괴력에 관여되고 있다고 보고한 것을 감안할 때, 매우 적은 난각두께의 차이가 파란에 커다란 영향을 줄 수 있다고 하겠다.

Wells(1967 a, b)는 현장에서 난각파열과 난각강도를 측정하는 실험적 방법과의 관계를 규명하기 위한 연구를 하였던 바, 이때 사용된 실험적 방법은 水壓式(hydraulic method)에 의해 파열될 때까지의 저항력 측정, 落下球(falling ball) 방법에 의해 衝擊에 대한 저항력 측정, 알키메데스원라에 의한 비중측정 그리고 단위 표면적당 난각무게이었다. 이들 측정치와 실제 현장에서의 파란율 간에는 고도의 유의성이 있었으나, 가장 相關係數가 높았던 단위면적당 난각무게 측정도 파란율 발생變異의 59% 밖에 설명하지 못하였다. 한편 Voisey와 Hunt(1973)는 水壓式破裂方法과 落下球方法은 부정확하다고 하였다. 다른 실험에서 Wells(1967 b)는 비중과 Schoorl and Boersma(1963) 장치에 의해 측정된 난각변형(shell deformation)이 실제 현장에서

와 같은 스트레스를 가할 때 파란발생의 가능성을 잘 나타내는 지침이 된다고 결론지었다. 실제 현장의 상태를 모방하기 위해 계란을 배터리케이지 바닥의 중앙에 5 cm 가량 낙하하고 거기서 케이지 전면으로 30.5 cm 굴러가도록 하였다. 케이지바닥 (61 X 30.5 cm)은 뒤와 앞에서 15.2 cm 되는 곳에 철봉을 가로지른 나무격자 위에 설치되었다. 한편 Shrimpton and Hann(1967, 1968)은 두 보고서에서 Schoorl and Boersma 장치로 시험한 결과 위의 보고와는 반대로 난각변형이 파란울을 예측하는데 효과적인 방법이 되지 못한다고 하였다.

이러한 결과들을 종합할 때 파란발생빈도와 난각의 물리적 특성 사이에는 어떤 관계가 있으나, 이들 관계들의 대부분이 비교적 적은 수의 계란을 대상으로 한 자료에 근거하고 있으므로 아직 그 신빙성이 높지 않다고 하겠다.

6. 卵殼破裂에 관련되는 生物學的, 環境的, 管理的 要因들.

생산자로 부터 소비자에 이르기 까지 계란을 이동하는 과정중의 여러 段階에 있어서 파란발생에 영향을 주는 각종 生物的, 環境적, 管理적 要因들이 있다. 닭의 계통, 사양조건 등이 난각질을 영향하는 주요 要因이 되지만 이에 대해선 Petersen(1965), Wolford와 Tanaka(1970)에 의해 이미 자세하고찰된 바 있다. 産卵鵝群의 연령이 또한 중요 要因이 되는데 (Brooks, 1971; Bezpa et al., 1972), Brooks의 보고에 의하면, 총 파란율은 산란 첫달에 2.7% 이었고 15개월 쯤에는 13.5%이었다. 한편 Bezpa 등(1972)이 닭의 연령과 케이지 디자인의 두 가지를 연결시켜 실시한 시험에 의하면, 파란율이 산란개시 3~7주에는 층계식 케이지는 평균 0.94% (0.25~2.25%), 平層式은 평균 2.42% (0.50~5.75%) 이었다. 또한 53~57주 사이에는 파란율이 각각 5.54% (3.5~9.0%), 6.04% (3.0~9.5%) 이었다. 연령은 또한 계란의 크기에 영향하는데 이 난중의 증가가 난각질 저하의 일부 원인이 된다고 볼 수 있다. 즉 최근 연구보고에 의하면 (Roland, 1976; Hamilton, 1978), 산란기가 경과함에 따라 계란크기는 난각무게 보다 더 빨리 증가하고 그 결과로 난각무게와 전체 卵重에 대한 난각의 비율이 감소하게 된다고 하였다.

하루 중의 산란시간은 난각질과 파란발생에 영향하는 또 다른 생리적 요소이다. Roland 등(1973), Washburn과 Potts(1975), Ciper(1976) 등은 보고하기를 오후에 낳은 계란은 오전에 낳은 계란 보다 비중이 높았고 한 크릿치(clutch)의 마지막에 낳은 계란이 비중이 더 높았는데 이의 비중은 크릿치의 길이에 의존하였다.

몇 연구보고는 난각의 微細構造가 난각강도에 중요한 영향을 미친다고 시사하고 있다. 전자현미경에 의한 연구에 따르면 난각강도는 結晶格子(crystal lattice, palisade columns)에 있어서의 탄산칼슘 결정들의 구성과 난각의 두께 이 두가지 요소에 의존한다고 하였다. (Meyer et al., 1973). 강도가 낮은 난각의 유두층(mammillary region)은 강도가 높은 난각의 유두층에 비해 잘 구성되어 있지 않고 형성하였다(King and Robinson, 1972; Meyer et al., 1973; Bunk and Balloun, 1978). 또한 강도가 낮은 난각 중에는 미세한 금, 空洞, 미세한 구멍등이 관찰되었다(Simons, 1971; Bank and Balloun, 1978). 그러나 이러한 난각의 미세구조에 영향하는 要因들을 구명하고 미세구조와 난각 강도 사이의 관계를 규명하기 위한 연구가 더 필요하다.

環境溫度는 닭의 연령과 유전적 체질 다음으로 난각 強度에 영향하는 세번째 要因이다 (Anon, 1972). 온도는 파란발생에 영향을 주며 높은 環境溫度는 卵殼質의 저하에 관련되어 있음은 잘 알려진 사실이다(Wolford and Tanaka, 1970; Smith, 1974). Nordstrom(1973)은 이러한 현상에 대해 부분적인 설명을 제시했는데 즉 계란은 22°C에서 보다 32°C에서 輸卵管에 더 장시간 머무는데도 (25.6 시간 : 27.7 시간), 32°C의 높은 環境溫度하에서 낳은 계란은 크기가 작고 난각무게가 낮아 결과적으로 단위표면적당 난각물질이 더 적었다(68.68대 63.06mg/cm²). Smith(1974)와 Smith and Oliver(1972)는 環境溫도와 난각무게 사이의 관계는 26.5°C와 35°C의 온도범위 내에서는 곡선이었다고 하였다. 백색 레그혼란에 있어 온도 증가에 따른 난각무게의 감소는 $Y = 79.880 - 0.421(0.2T - 16) - 1.029(0.2T - 16)^2$ 으로 나타냈는데 Y = 단위 면적당 난각중(mg/cm²), T = 環境溫度(화씨) 이다.

높은 環境溫度에서의 난각무게의 감소는 呼吸性 알칼리중독(respiratory alkalosis) 현상에 의한 것으로 이 경우 혈액으로부터 탄산가스의 손실이 지

나치게 많아지게 된다 (Smith, 1974). 높은 환경온도는 또한 난각의 微細構造, 특히 無機質부분에 영향을 미친다 (Mather et al., 1961, 1962). 난각의 유두층과 스폰지층도 역시 높은 온도에 의해 영향을 받았다 (El-Boushy et al., 1968).

계란의 취급, 처리과정에서의 온도 역시 파란발생에 영향을 준다. 산란사로부터 계란을 移送하기 전에 冷却토록 하므로써 손실을 감소할 수 있는데, 이는 난각온도가 낮아짐에 따라 난각 파각력은 증가하기 때문이다 (Place and Eroschenko, 1976). 또한 계란을 냉장실에 하룻밤 보존하는 것은 點燈法에 의한 파란 유무의 식별작업을 용이하게 해준다. 실험실적 측정에 있어서도 난각온도는 계란의 破殼力에 영향을 주는데 13°C 이상의 온도는 계란의 파각력을 현저하게 ($P < 0.05$) 감소시킨다 (Froning, 1973; Place and Eroschenko, 1976; Voisey et al., 1979).

環境溫도와 아울러 溫度 역시 破卵 발생에 영향을 미친다. Mueller (1959)에 의하면 29.5°C에서 상대습도가 70%에서 25%로 감소될 때 난각두께가 373 rm에서 384 rm로 현저하게 ($P < 0.05$) 증가하였다. Fry 등 (1975)은 보고하기를 相對溫도와 “창문” (window)의 발생빈도 사이에는 正相關係에 있다고 하였다. 그런데 “창문”의 형성은 막 낳은 계란의 粘液性 큐티클 (cuticle) 층이 부분적으로 제거되므로써 생성된다. 또한 Garlich 등 (1975)은 “창문”을 가진 계란은 난각두께가 얇고 파각력이 낮다고 하였다. Talbot와 Tyler (1974 a, b)에 의하면 산란 직후의 계란은 완전히 半透明한 난각을 가지는데 건조됨에 따라 不透明하게 되나 만일 습도가 높을 때에는 半透明한 상태로 계속 존재하게 된다. 즉 난각 중의 반투명한 부분은 그 곳에 용액(주로 물)이 존재하기 때문이고 계란에 힘을 가하게 되면 이러한 “창문”이 형성될 수 있다고 하였다. 또한 난각이 덜 단단할 수록 적은 힘을 주더라도 “창문”이 형성되고, 가하는 힘이 클 수록 창문은 넓어지며 창문이 있는 부위의 난각은 약하여 파열되기 쉽다고 하였다.

계란을 洗卵하기 전에 실리콘이 첨가된 파라핀액으로 오일피복 하였을 때, 난각의 파각력이 현저하게 ($P < 0.01$) 높았다 (Ball et al., 1976). 그러나 오일피복을 洗卵 후에 할 때에는 난각 강도가 향상되지 않

았다.

표 1에서 보는 바와 같이, 파란율이 매우 낮은 1~2%에서 35% 혹은 그 이상의 높은 수준에 이르기 까지 그 범위가 매우 넓다. 이는 실제에 있어 파란발생 빈도를 낮추는 것이 가능하다는 것을 의미한다. 파란율을 낮추기 위해서는 채란업자는 난각손상에 영향을 미치는 모든 요인들을 인지하고 이에 대해 주의를 기울여야 한다. 생산 관리자들은 자기 鷄群의 파란율에 대한 자료를 수집하므로써 파란발생이 보통 이상으로 과다한지 또 그 이유는 무엇인지를 판단해야 한다 (Toleman, 1977). 만일 관리자들이 자기 鷄群에서 생산된 계란을 檢卵 하여 얻은 파란발생율을 문헌상에 나와있는 各 年齡別, 계란취급기구별 파란율과 비교하므로써, 자기 계군의 파란발생이 닭의 연령 때문인지, 관리자의 잘못인지 판단할 수 있고, 또한 어떤 설비나 기구가 가장 문제를 야기시키고 있는지 알게 된다. 이러한 실제적인 문제를 해결하므로써 채란계 관리자는 파란발생율을 최소화하고 보다 높은 수익을 올릴 수 있게 된다.

7. 摘 要

年中 産卵數의 6~8%가 산란사부터 소비자에게 이르는 사이에 破卵으로 된다. 이들 파란의 대부분은 卵殼의 品質과 난각파열에 영향을 준다고 판단되는 여러가지 生物的, 環境的, 管理的 要因들과의 相互關係에 의해 발생되고 있다. 이제까지 논의된 몇 가지 파란발생 要因들을 보면 닭의 연령, 계사의 온도와 습도, 케이지 시스템과 케이지바닥의 설계, 케이지에 사용된 재료의 종류, 1日 採卵枚數, 그리고 가장 중요하게 각종 기구의 원활한 作動如否와 정비상태이다. 이 중에서 닭의 연령, 유전적 體質, 환경온도, 기구의 설계와 정비유지의 良否가 파란발생에 영향하는 重要 要因이라 하겠다. 卵殼의 品質과 난각파열 간에는 곡선관계에 있으므로 卵殼質의 조그마한 차이가 破卵發生頻度에 커다란 영향을 미치게 된다. 이제까지 보고된 문헌에 의하면 파란발생 빈도는 1~2%의 낮은 수준에서 35%의 높은 수준에 이르기까지 넓은 變異를 보여주고 있다.

- ANDERSON, C. B. and T. C. CARTER (1972). The hen's egg: Shell cracking in eggs dropped on cage floors coated with zine or plastic. *poult. Sci* 13: 115.
- ANDERSON, C. B. and T. C. CARTER (1976). The hen's egg: Shell crackage at impact on a heavy, stiff body and factors that affect it. *Br. poult. Sci* 17: 613
- ANDERSON, C. B., T. C. CARTER and R. M. JONES (1974). Some factors affecting dynamic fracture of egg shells in battery cages. *Br. Poult. Sci* 15: 53
- ANON. (1972). How producers rank eggshell factors. *Poultry Digest* 31(368) : 496.
- ANON. (1974). Overnight holding to detect checked eggs. *Poultry Digest* 33(386) : 169.
- BALL, R. G., J. F. HILL, V. LOGAN and J. LYMAN (1976). The effect of washing, oiling, holding, and temperature of eggs on shell strength. *Poult. Sci* 55: 335
- BRAMHALL, E. L., M. H. SWANSON and G. W. JOHNSTON (1973). Eggshell damage during handling. *Poultry Digest* 32(371) : 12
- BERRY, J. G. (1976). Extending egg shell damage survey results into the field. *Poult. Sci* 55: 758
- BEZPA, J., O. F. JOHNDREW, Jr., G. H. THACKER, R. M. GROVER, F. V. MUIR and C. A. DUPRAS (1972). Field studies on eggshell damage and bloodspot detection. *Ext. Bull* 403, Rutgers University, New Brunswick, N.J.
- BROOKS, R. C. (1971). Egg breakage is costing you money. *Poultry Tribune* 77(3) : 22
- BUNK, M. J. and S. L. BALLOUN (1978). Ultrastructure of the mammillary region of low puncture strenght avian eggshells. *Poult. Sci* 57: 639.
- CARTER, T. C. (1970). Why do egg shells crack? *Wild's Poult. Sci. J.* 26: 549.
- CARTER, T. C. (1971). The hen's egg: Shell cracking at oviposition in battery cages and its inheritance. *Br. Poult. Sci* 12: 259.
- CIPERA, J. D. (1976). Effect of oviposition time and storage conditions on the specific gravities of eggs. *Poult. Sci* 55: 1132
- CLARK, R. L. and R. L. ACREE (1974). Eggshell shear strength evaluation with micro-punches. *Trans. Amer. Soc. Agr. Eng* 17: 46
- DENISON, J. W. (1967). The effect of mechanical disturbance of the egg cuticle on shell mottling *Poult. Sci.* 46:771.
- EGGEETON, L. Z. and W. J. ROSS (1971). Observed egg shell damage in a mechanical gathering system. *Poult. Sci.* 50:1008.
- EL-BOUSHY, A. R., P. C. M. SIMONS and G. WIERTZ (1968). Structure and ultra-structure of the hen's egg shell as influenced by environmental temperature, humidity and vitamin C additions. *Poult. Sci.* 47:456.
- ERNSE, R. A. and G. W. JOHNSTON (1977). Shell damage in mechanical egg gathering systems. A California study. *Prog. Poult. Coop. Extension. Univ. California, Riverside, CA.*, February.
- FOI KFRTS J. (1976). Influence of feeding and husbandry on egg shell quality. In *5th Europ. Poult. Conf.* No. 1:580.
- FRONING, G. W. (1973). Effect of temperature and moisture on breaking strength of the egg shell. *Poult. Sci.* 52:2332.
- FRY, J. I., R. H. HARMS, S. A. ANGALET and D. A. ROLAND, Sr. (1975). Factors affecting the incidence of naturally occurring "windows" in egg shells. *Poult. Sci.* 54:1199.
- GARLICH, J. D., C. R. PARKHURTS, and H. R. BALL (1975). The comparison of rough, normal and translucent egg shells with respect to shell strength and caleificent *Poult. Sci.* 54:1574.

- HAMILTON, R. M. G. (1978). Observations on the changes in physical characteristics that influence egg shell quality in ten strains of White Leghorns. *Poultry Sci.* 57:1192.
- HAMMERLE, J. R. (1969). An engineering appraisal of egg shell strength evaluation techniques. *Poult. Sci.* 48:1708.
- HUNT, J. R., P. W. VOISEY and B. K. THOMPSON (1977). Physical properties of eggshells; A comparison of the puncture and compression tests for estimating shell strength. *Can. J. Anim. Sci.* 57:329.
- JOHNSTON, G. W. (1975). Potential eggshell damage locations. *Poultry Digest* 34 (396):60.
- JOHNSTON, G. W. and R. A. ERNEST (1975). Shell damage in mechanical egg gathering. *Poultry Digest* 34 (396):57.
- KING, N. R. and D. S. ROBINSON (1972). The use of the scanning electron microscope for comparing the structure of weak and strong egg shells. *J. Microscop.* 95:437.
- MATHER, F. B., P. A. THORNTON and E. P. EPLING (1961). The effects of heat stress on the microscopic structure of the egg shell matrix. *Poult. Sci.* 40:1428.
- MATHER, F. B., J. P. EPLING and P. A. THORNTON (1962). The microscopic structure of the egg shell matrix as influenced by egg shell thickness and environmental temperature. *Poult. Sci.* 41:963.
- McNALLY, E. H. (1965). The relationship of egg shell weight to cracked eggs. *Poult. Sci.* 44:1513.
- MEYER, R., R. C. BAKER and M. L. SCOTT (1973). Effects of hen egg shell and other other calcium source upon egg shell strength and ultrastructure. *Poult. Sci.* 52:949.
- MUELLER, W. J. (1959). The effect of environmental temperature and humidity on the calcium balance and serum calcium of laying hens. *Poult. Sci.* 38:1296.
- NELSON, L. H. and J. M. HENDERSON (1974). Techniques for measuring eggshell strength. *J. Agr. Eng. Res.* 19:391.
- NETHERCOTE, C. H., C. N. BOISVENU, R. GOSSELIN and D. A. FLETCHER (1972). Egg Packing Tests. Rep. OP-X-46, *Environment Canada, Ottawa.*
- NETHERCOTE, C. H., C. N. BOISVENU and D. A. FLETCHER (1974). Egg carton tests. *Poult. Sci.* 53:311.
- NORDSTROM, J. O. (1973). Duration of egg formation in chickens during heat stress. *Poult. Sci.* 52:1687.
- ORR, H. L., G. W. FRIARS, B. S. REINHART and I. Y. PEVZNER (1977). Classification of shell damage resulting from egg handling. *Poult. Sci.* 56:611.
- OVERFIELD, N. D. (1976). General aspects of egg quality. In *5th Europ. Poult. Conf.* Vol. 1:569.
- PETERSEN, C. F. (1965). Factors influencing egg shell quality. A review. *Wld's. Poult. Sci. J.* 21:110.
- PLACE, T. A. and V. P. EROSCHENKO (1976). Strian rate and temperature sensitivity of the creek initiation force in intact Japanese quail eggs. *Poult. Sci.* 55:1273.
- POTTS, P. L. and K. W. WASHBURN (1974). Shell evaluation of white and brown egg strains by deformation, breaking strength, shell thickness and specific gravity I. Relationship to egg characteristics. *Poult. Sci.* 53:1123.
- REECE, F. N. and B. LOTT (1976). The effect of loading rate on the breaking force, deformation and stiffness modulus of eggs. *Poult. Sci.* 55:349.
- ROLAND, D. A., Sr. (1976). Recent developments in eggshell quality. *Feedstuffs* 48(29):31.

- ROLAND, D. A. Sr. (1977). The extent of uncollected eggs due to inadequate shell. *Poult. Sci.* 56:1517.
- ROLAND, D. A., Sr., D. R. SLOAN and R. H. HARMS (1973). Calcium metabolism in the laying hen. 6. Shell quality in relation to time of oviposition. *Poult. Sci.* 52: 506.
- SCHOORL, P. and H. Y. BOERSMA (1963) Research on the quality of the egg shell (a new method of determination). In *XIIth Wld's. Poult. Conf. Section Papers. Section Papers.* p. 432.
- SHRIMPSON, D. H. and C. M. HANN (1967). Shell deformation in predicting breakage due to transport and handling. *Br. Poult. Sci.* 8:317.
- SHRIMPSON, D. H. and C. M. HANN (1968). An investigation into the value of measurements of egg shell deformation in predicting breakage due to transport and handling. *Expl. Husb.* 17:29.
- SIMONS, P. C. M. (1971). Ultrastructure of the hen egg shell and its physiological interpretation. Commun. No. 175 Cent. *Inst. Poultry Res. "Het Spelderhold" Beekbergen. The Netherlands.*
- SMITH, A. J. (1974). Changes in the average weight and shell thickness of eggs produced by hens exposed to high environmental temperatures. A review. *Trop. Anim. Hlth. Prod.* 6:237.
- SMITH, A. J. and J. OLIVER (1972). Some nutritional problems associated with egg production at high environmental temperatures. 4. The effect of prolonged exposure to high environmental temperatures on the productivity of pullets fed on high-energy diets. *Rhod. J. Agr. Res.* 10:43.
- TALBOT, C. J. and C. TYLER (1974a). A study of the fundamental cause of natural translucent areas in egg shells. *Br. Poult. Sci.* 15:197.
- TALBOT, C. J. and C. TYLER (1974b). A study of the fundamental cause of artificial translucent areas in egg shells. *Br. Poult. Sci.* 15:205.
- TOLEMAN, W. J. (1977). How to minimize egg damage in mechanised collection systems. *Shaver Focus* 6(4):1.
- TOLEMAN, W. J. (1978). Control egg shell processing. *Poultry Tribune* 84(1):27.
- TYLER, C. (1961). Shell strength: Its measurements and its relationship to other factors. *Br. Poult. Sci.* 2:3.
- TYLER C. and F. H. GEAKE (1953). Studies on egg shells. III. Some physical and chemical characteristics of the egg shells of domestic hens. *J. Sci. Food Agr.* 4: 587.
- TYLER, C. and F. H. GEAKE (1958). Studies on egg shells. IX. The influence of individuality, breed and season on certain characteristics of egg shells from pullets. *J. Sci. Food Agr.* 9:473.
- TYLER, C. and F. H. GEAKE (1960). Studies on egg shells. X III. Influence of individuality, breed, season and age on certain characteristics of egg shells. *J. Sci. Food Agr.* 11:535.
- TYLER, C. and F. H. GEAKE (1964). The effect of water on egg shell strength including a study of the translucent areas of the shell. *Br. Poult. Sci.* 5:277.
- VOISEY, P. W. (1975). Selecting deformation rates in texture studies. *J. Texture Studies.* 6:253.
- VOISEY, P. W. and R. M. G. HAMILTON (1976). Factors affecting the non-destructive and destructive methods of measuring egg shell strength by the quasi-static compression test. *Br. Poult. Sci.* 17:103.
- VOISEY, P. W. and R. M. G. HAMILTON (1977a). Sources of error in egg specific gravity measurements by the flotation method. *Poult. Sci.* 56:1457.
- VOISEY, P. W. and R. M. G. HAMILTON (1977b). Observations on the relationship

- between nondestructive egg shell deformation and resistance to fracture by quasi-static compression for measurement of egg shell strength. *Poult. Sci.* 56: 1463.
- VOISEY, P. W. and R. M. G. HAMILTON (1977c). The effect of deformation rate and other factors on the force required to fracture egg shells in measuring shell strength. *Poult. Sci.* 56:1994.
- VOISEY, P. W., R. M. G. HAMILTON and B. K. THOMPSON (1979). The effect of temperature on the resistance of the hen's egg shell to fracture under impact and compression and deformation under a non-destructive force. *Poult. Sci.* 58: In press.
- VOISEY, P. W. and J. R. HUNT (1968). Behaviour of eggshells under impact. Apparatus design considerations. *J. Agr. Eng. Res.* 13:301.
- VOISEY, P. W. and J. R. HUNT (1969). Effect of compression speed on the behaviour of eggshells. *J. Agr. Eng. Res.* 14:40.
- VOISEY, P. W. and J. R. HUNT (1973). Apparatus and techniques for measuring egg-shell strength and other quality factors. *Eng. Specif.* 0176. *Eng. Res. Service. Ottawa.*
- VOISEY, P. W. and J. R. HUNT (1974). Measurement of eggshell strength. *J. Texture Studies* 5:135.
- WASHBURN, N. W. and P. L. POTTS (1975). Effect of strain and age on the relationship of oviposition time to shell strength. *Br. Poult. Sci.* 16:599.
- WASYLYSHEN, T. F. (1976). Egg quality. *Canada Poultryman* 63(6):14.
- WELLS, R. G. (1967a). Egg shell strength. 1 The relationship between egg breakage in the field and certain laboratory assessments of shell strength. *Br. Poult. Sci.* 8:131.
- WELLS, R. G. (1967b). Egg shell strength. 2. The relationship between egg specific gravity and egg shell formation and their reliability as indicators of shell strength. *Br. Poult. Sci.* 8:193.
- WELLS, R. G. (1968). The measurement of certain egg quality characteristics: A review. In *Egg Quality: A Study of the Hen's Egg*. Edit. Carter, T. C., Oliver and Boyd, Edinburgh. p. 214.
- WOLFORD, J. H. and K. TANAKA (1970). Factors influencing egg shell quality. A review. *Wld's. Poult. Sci. J.* 26:763.