안전한 계란의 생산과 유통

Producing Safe Eggs

+송광영[1], +이수경[1,2], 서건호[1*]

+Kwang-Young Song, +Soo-Kyoung Lee, and Kun-Ho Seo[*]

[1]건국대학교 수의과대학 식품안전건강연구소,
[2]농림축산검역본부 동식물위생연구부 해외전염병과

[1]Center for One Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 05029, Korea
[2]Foreign Animal Disease Division, Dept. of Animal and Plant Health Research, Animal and Plant Quarantine Agency, Gimcheon-si, Gyeongsangbukdo, 39660, Korea

서 론

2016년 하반기 H5N6형 고병원성 조류인플루엔자(Avian influenza, AI) 발생으로 살처분 마릿수가 전체 산란계의 40%에 육박하면서 그에 따른 계란 공급 부족 사태에 대응하기 위해 2017년 1월 한국정부는 산란계 종계와 달걀 수입 등 수급안정 대책을 발표하였다. 그러나 외국산 계란의 대규모 수입과 유통은 전례 없는 일인 만큼 일부에서는 수입 계란의 안전성 및 품질에는 문제가 없는지 우려를 표하고 있다.

계란은 외부 충격이나 기온, 습도 등의 영향으로 손상될 가능성이 큰 편이기에 계란의 품질과 안전성을 확보하기 위해서는 생산과 유통과정에서 위생적인 관리 및 유통기한 준수가 매우 중요하다. 국내 계란의 유통기한은 통상 20–35일이며 이번에 계란이 수입되는 미국은 주마다 차이가 있지만 세척 여부와 보관 온도에 따라 산란일로부터 30–45일을 유통기한으로 본다. 식품의약품안전처 (식약처, Ministry of Food and Drug Safety, MFDS)에 의하면 이번에 수입되는 계란은 국내 도착 직후 운송 상태와 변질 여부 등을 판정하는 현장 검사, 미생물과 잔류물질 등의 오염 여부를 밝히는 정밀 검사 등을 통해 컨테이너 파손 여부나 온도기록장치, 부패 여부 등을 확인 후 유통하게 되는데 운송 및 검사 기간을 빼면 실질적인 유통기한은 약 34일 정도가 된다. 이번 수입 계란의 경우 식품 품질이 유지되는 유통기한을 수입업자가 자율적으로 표기하도록 하였는데, 식약처에 의하면 미국 수출 업체들이 '미세척란 상온 30일, 세척란 냉장 45일'이라는 통상적인 유통기한을 신고해 통관에는 문제가 없었다고 밝혔다.

본 논단에서는 한국산 계란과 외국에서 수입되는 계란의 안전한 유통과 판매를 위한 저장기간의 중요성과 계란의 세척방법에 관한 자료 등을 분석하여 계란의 안전성을 포함하여 안전한 계란의 생산과 유통에 관한 전반적인 내용에 대해서 알아보고자 한다.

+ These authors contributed equally to this work

* Corresponding author: Kun-Ho Seo
Center for One Health, College of Veterinary Medicine, Konkuk University, Seoul 05029, Korea.
Tel: +82-2-450-4121 Fax: +82-2-3436-4128 E-mail: bracstu3@konkuk.ac.kr

계란의 형성 과정

난관은 난소에 가까운 부위순으로 누두부(infundibulum), 팽대부(magnum), 협부(isthmus), 자궁부(uterus 또는 shell gland), 질부 (vagina)의 5부위로 성립되며 질은 총배설강으로 개구하고 있다(그림1). 난소와 난관의 크기는 닭의 성장도, 산란 또는 휴산의 상태에 따라서 달라질 수 있지만, 일반적으로 산란계의 난관 전장은 약 70–75 cm로서 알이 이곳을 통과하기 위하여 24–27시간 정도를 요하나, 노계(老鷄)로 가면서 난관내의 체류 시간이 짧아지게 된다. 체류시간의 장단은 주로 자궁부에 있어서 난체류시간의 차이에 의한 것으로 다른 부위에 있어서의 시간은 거의 일정하다. 계란의 시간대별 형성과정은 그림 1에 나타나 있다.

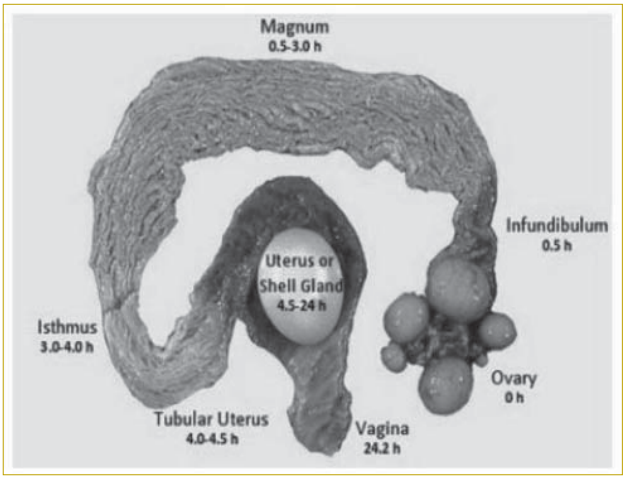

그림 1. 계란의 시간대별 형성과정
출처: Klaus Rot. 2012. Boiled Eggs: Soft and Hard, Part 1. Wieldy–VCH

계란은 체외로 산출되기 이전, 즉 난소의 난포에서 배출된 난황이 난관으로 내려가는 도중에 난백으로 그 주위가 싸이며, 다시 그 표면이 난각으로 덮여싸인 다음 비로소 체외로 나온다.

산란계의 난소에는 수개의 대형 황색 난포가 순서바르게 발달하여 있어서 그 크기의 순번이 그대로 난포의 성장 서열과 배란 순위를 나타낸다. 이 특성을 "난포의 서열 또는 난포의 순위제(follicular hierarchy)"라고 부른다. 배란직전의 난포는 직경이 3.0–3.5 cm, 중량 17–23 g 정도이다. 난소에는 또 휴지 단계에 있는 다수의 백색 소란포와 이미 배란을 끝낸 파열 난포가 2–4개 있다. 이 백색 소란포중 1개가 어느때부터 난황 축적을 개시하고 점점 체적을 증대하여 배란시의 크기에 이르기까지의 과정을 난포의 성장(follicular growth)이라고 한다. 닭의 생식세포는 난황, 난백, 난각막, 난각 및 큐티클의 순으로 둘러싸여 있다. 난황(yolk)은 난소에서, 난황을 제외한 다른 부분은 난관에서 형성된다

보통 산란계는 1년 평균 200–250개의 알을 낳는다. 알은 무정란(교미하지 않은 닭이 낳은 알. 즉 수정되지 않은 알)과 유정란(교미한 닭이 낳은 알. 즉 수정된 알, 수정란)으로 구분할 수 있다. 무정란과 유정란의 영양학적 차이는 없으나 유정란은 배자(난황의 흰 반점으로 병아리가 되는 부분, 직경 2–3mm의 백색 둥근 배반을 확인할 수 있음)가 존재하며, 수정란이기 때문에 부화 가능한 환경일 경우에 병아리로 부화가 가능하다.

계란의 품질과 위생

일반적으로 계란의 가격은 중량과 품질에 의해서 주로 결정되는데, 중량은 객관적으로 측정하여 분류하기 쉽지만, 내용물에 대한 품질검사는 간단하지는 않다(그림 2).

품질은 크게 외형품질과 내부품질로 나눌 수 있으며 내부품질은 검란등(candling)을 이용해 투광검사 하거나 또는 할란검사(egg breaking)하여 내부 내용물을 검사한다(표 1). 계란의 품질 평가항목은 난각색, 난중, 파각강도, 난각무게 및 난각두께 등이며, 계란 내부 품질은 난백높이, 호우단위(Haugh unit–저장시간에 따라 변하는 난백의 무게와 높이의 관계를 20–100 범위에서 수치화한 것), 난황색, 기타 이물질 등을 평가한다(표 1). 계란의 큐티클은 염색시약을 사용하여 염색정도를 색도계를 이용하여 측정할 수 있으며, 난각질은 난각막을 제거한 다음 전자현미경을 이용하여 난각유두층의 초미세구조를 관찰하면서 평가할 수 있다. 특히, 계란의 품질과 중량은 습도와

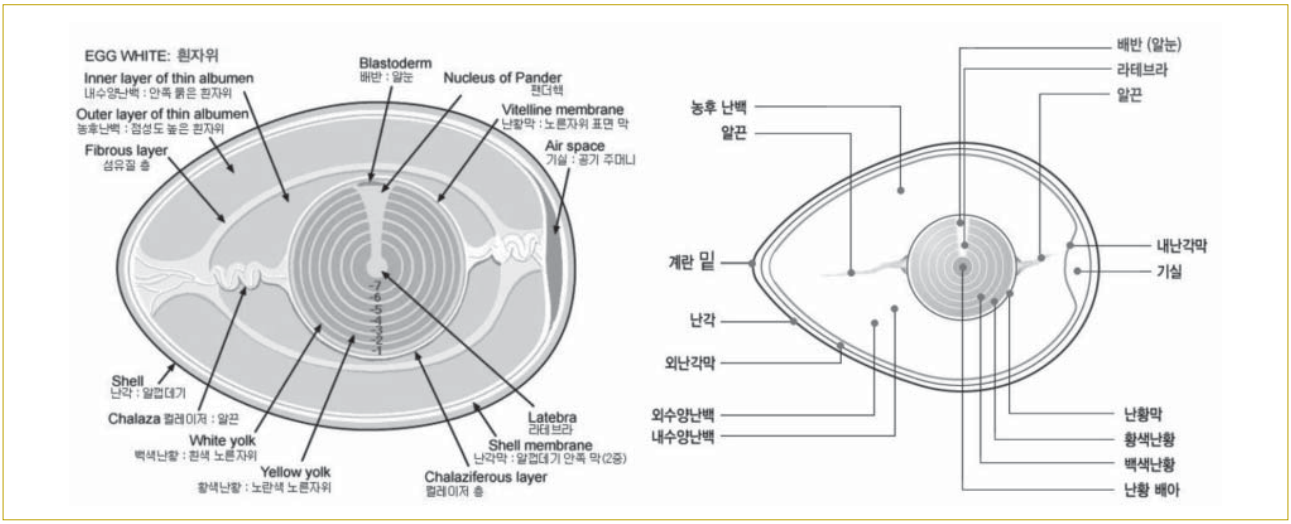

그림 2. 계란의 구조 (출처: 대한양계협회)

표 1. 계란의 평가항목

평가항목	평가내용
외부품질	• 산란 후 파란(破卵)시키지 않고 사람이 눈으로 계란의 크기, 형태, 난각색, 청결도, 균일성 등을 확인하는 품질을 말한다. • 알의 크기는 품질과 상관없지만 시장에서 소비자들의 구매욕구나 가격 형성에 관련이 있기 때문에 중요한 요인이 된다. • 외부품질로서 난형(卵形)은 타원형이어야 하고, 폭과 길이의 비는 3:4가 좋으며, 또한 첨부와 둔부가 명확해야 한다. • 난각질과 두께는 단단하고 매끈하며 균일하고 두꺼울수록 좋다. 표면이 울퉁불퉁하거나 모래알 같은 물질이 붙어 있으면 품질이 떨어진다. • 두께는 paper-thick gauge로 측정하여 최소 0.3mm 이상이어야 좋다. • 난각 표면은 금이 없으면서도 단단해야 하고, 계분이나 흙과 같은 이물질이 없어서 깨끗해야 한다. • 난각색은 영양적인 측면에서 문제되지 않으나 상품적 가치에 영향을 끼치므로 색깔이 균일하고 백색란과 갈색란의 구별이 명확해야 한다. • 이와 같이 외형은 내용물의 품질과는 상관없지만 행태와 색깔이 나쁘면 이동 중에 쉽게 깨어질 수도 있고, 무엇보다도 소비자들이 외면할 수 있기 때문에 중요하다.
내부품질	• 계란을 파란시키지 않고 검란등(candling)으로 계란 내부를 투시하여 그림자의 형태를 보고 내용물의 품질을 판단한다. • 특히 위생란을 생산하기 위해 자동수세, 중량 분류, 포장기계 등과 함께 복합적으로 설치되어 가동된다. • 검란등으로 판단할 수 있는 것은 난각의 두께, 난각의 금이나 산란 형성때 이미 금이 간 후에 외부에 난각이 덮여 있는 상태, 난각에 미세구멍 형성, 기실의 크기나 상태, 난황과 난백의 상태, 각종 이물질 존재 유무를 알 수 있다.

저장온도에 따라 변화가 심하기 때문에 유통기간 중에 취급을 소홀히 해서는 안되는 부분이다.

지금까지 계란의 품질은 다양한 방법으로 측정해 왔는데, 계란의 파각, 혈반 및 육반 등을 검출할 수 있는 자동장비를 이용하고 있다. 이러한 장비에는 계란의 오염을 제

거할 수 있는 세척 단계를 포함하고 있다. 물론 회사에 따라서 반자동 장비를 사용하기도 한다. 계란의 품질을 평가하는 장비를 생산하는 회사로는 Nabel (Japan), Orka Food Technology (China), Ovobel (Belgium), TSS (England)등이 있다.

계란의 5단계 오염저항기구

위생적으로 문제가 없는 신선한 계란을 생산지에서 소비자까지 유통시키려면 우선 산란과정에서 1차적 오염을 최대한 방지하는 것이 제일 중요하다. 산란시 주위 환경을 청결히 하여 계란 표면에 부착 가능한 분뇨, 흙, 먼지 등을 최소화함으로 미생물의 초기 오염도를 낮출 수 있기 때문이다. 계란의 5단계의 오염저항기구에 대한 설명은 표 2에 정리되어 있다.

계란의 미생물에 의한 부패

자연적인 방어기구를 가지고 있는 계란일지라도, 곰팡이나 세균에 의해서 부패가 진행될 수 있다. 곰팡이는 난각 외면에 주로 생기며, 내부에 침입하여 난각막에서도 생겨 난백을 겔(gel)화하며 난황막도 파괴하는데 심지어 냉장 중인 난각에서 곰팡이가 검출되기도 한다. 부패된 계란에서 흔히 검출되는 세균은 *Pseudomonas fluorescens*, *Pseudomonas putida*, *Pseudomonas maltophila*, *Aeromonas*, *Hafnia*, *Alcaligenes*, *Proteus*, *Escherichia* 등이며, 그 외 *Citrobacter*, *Salmonella*도 계란의 품질에 영향을 준다. 난각의 표면의 균종은 *Micrococus*, *Staphylococus*, 그람 양성균, *Coryneform*이 우세하지만, 난각부착난 내용물의 균총은 그람 음성간균이 점하고 있으며 그 중에서도 *Pseudomonas*가 가장 많다. 계란에 영향을 줄 수 있는 세균들은 표 3에 자세하게 정리되어 있다.

계란과 인수공통전염병

최근 한국에서 발생한 H5N6형 조류인플루엔자(AI)가 사상 최악으로 확산되면서 닭, 오리는 물론 사람에 까지

표 2. 계란의 오염 저항 기구

순차적 방어기구	작용
1차적 방어기구: 난각표면	난각표면은 cuticula로 되어 있으며, 이것은 일종의 mucin으로 이 표피 cuticula는 난 내외의 가스의 교류는 가능하나 미생물의 통과는 어느 정도 방어할 수 있는 미생물 침입의 1차적 방어기능이기에 지나친 세척은 난각표면의 cuticula의 제거가 발생할 수 있다.
2차적 방어기구: 난각	난각은 2차적 방어기구인데 탄산칼슘이 주성분이며 투과성이 있으며 세층으로 되어있다. 난각 기공을 통해서 난 내부의 탄산가스와 수분이 난외로 나오고 역으로 외부에서 공기가 들어감으로써 난의 호흡과 관여하는데, 조건에 따라서는 미생물도 이 기공을 통해서 난 내부로 침입할 수 있다. 이미 실험적으로 *Salmonella* Pullorum균을 통해서 증명되었다. 닭의 체온(42 ℃)이 높기 때문에 산란장소가 미생물학적으로 불결할 경우에는 난외의 미생물이 쉽게 산란 직후의 따뜻하고 유연한 난각을 통하여 침입할 수 있다.
3차적 방어기구: 난각막	난각막은 외부에서 침입하는 세균에 대한 3차적인 방어벽이다. 난각막은 keratin으로 구성되어 있는 망상구조로 mucin이나 albumin 양 물질이 주성분으로 세균의 침입을 더욱 어렵게 한다. 하지만 난각 밖에서 기공을 통해 침입한 세균은 우선 이 난각막에서 증식해 점차 내부로 들어간다.
4차적 방어기구: 난백	난백은 4차적 방어기구이며 중심부의 난황 바깥쪽을 싸고 있는 것이 수양난백이며 다시 그 위를 덮고 있는 것이 농후난백인데, 이것의 존재는 미생물의 침입을 불리하게 만든다. 난백의 단백성분 중 세균방어와 관여되는 것으로는 conalbumin (ovotransferin), ovoglobulin G1 (lysozyme), ovomucin, ovoinhibitor, avidin등이 있다.
5차적 방어기구: 난황	난황은 최후의 방어작용을 담당하지만, 난백과 같은 항균성이 없기 때문에 난백에 비해 쉽게 변질이나 부패가 발생한다. 따라서 난황은 칼라자에 의하여 난 내에서 잘 지탱될 수 있도록 중앙분에 위치하고 있으며 그 주위를 농후단백이 둘러싸서 보호하고 있다.

표 3. 계란에 영향을 줄 수 있는 세균들

세균목록		인자	변화내용
Aeromonas *Proteus*		단백질 분해	난백 · 난황의 소화
		H2S의 생성	난황의 흑변
Cytophaga *Flavobacterium* *Serratia*		비수용성 색소	난각막의 변화, 난백 및 난황표면의 변색
Cloacae		Lecithinase	난화의 유화성 소실
		점액산생	난백의 점착성 증가
Pseudomonas	*aeruginosa* *fluorescens* *pulida*	수용성 색소	난백의 변색
	maltophila	악취산생	특징적 냄새

AI 바이러스가 전염되는 것은 아니냐는 우려가 나오는 것은 사실이지만, 기본적으로 바이러스는 종간장벽이 있어 다른 종류 동물에 감염이 쉽지 않다. 또한 닭의 체온은 41℃이고 사람의 체온은 36.5℃이기에 바이러스가 살 수 있는 환경 또한 다르다. 따라서 한국 질병관리본부에서도 일반인들이 AI 감열될 위험은 매우 낮다고 하지만 계란이나 닭, 오리는 익혀 먹고 손을 자주 씻는 등 예방에 힘써야 된다고 당부하고 있다. 중국에서는 H5N6형으로 17명의 인체감염 확진 사례가 나왔으며 이 중 10명(58.8%)이 사망한 보고가 있었지만, 한국에서는 아직까지 인체감염 사례는 없으며, 최근 야생 철새 분변에서 검출된 또다른 아형(subtype)인 H5N8형도 국내외에서 인체감염 사례는 없었다. 일반적으로 AI 바이러스는 열에 약해 75℃ 이상에서 5분만에 사멸된다.

계란은 식품유래 살모넬라균 식중독의 매개체로 중요한 위치를 차지하고 있다. 식중독 관련하여 계란에서 가장 문제시 되는 균은 바로 살모넬라 엔테리티스 (*Salmonella* Enteritidis; SE)이다. 살모넬라균으로 인한 식중독발생은 유럽과 미국에서는 1980년대 전반부터, 일본과 한국 등에서는 1989년경부터 급증하였는데 이것은 SE에 감염된 산란계가 낳은 계란이 원인이 되었다. 1999년 미국의 추정치에 의하면 매년 140만명이 이환, 약600명이 사망하는 것으로 보고된바 있는데 SE에 오염된 계란과 계육이 주 원인물질로 공중위생상 큰 관심사가 되기도 했다.

살모넬라는 닭의 질병적인 측면에서도 매우 중요하지만 최근 사람이 먹는 식품인 계란을 제공하는 위생적인 측면에서 그 중요성에 대한 인식이 점차 높아져 가고 있다. 살모넬라는 약 2,500 종류 이상의 혈청형이 알려져 있으나 그동안 양계산업에 커다란 피해를 유발하는 살모넬라 유래질병에는 추백리(*Salmonella* Pullurum, SP)와 가금티푸스(*Salmonella* Gallinarium, SG) 정도만이 조명을 받아왔다. 특히 식품중 계란생산을 책임지고 있는 산란계 농장의 경우 여러 위해요소가 있지만 그 중 미생물 관리항목중 *Salmonella* Enteritidis (SE)에 대한 관리를 중요항목으로 지정하여 명시하고 있다. 계란위생과 관련된 살모넬라에는 SE 이외에도 *Salmonella* Typhimurium (ST)과 *Salmonella* Heidelberg (SH) 등이 있지만 계란에서 가장 많이 분리되고 식중독 유발의 주요 원인체로는 SE가 훨씬 높은 것으로 보고 되고 있다.

Kinde 등 (2005)이 산란계 농장의 환경에서 SE분리를 모니터링한 실험에서, 계사바닥이나 계분벨트 등에서 거즈를 이용하여 시료를 채취하였으며 계사내 시설 및 주변환경에서 오염원으로 간주되는 쥐와 파리, 곤충에 대해서 SE 분리를 시도하였다. 닭을 비롯한 모든 검사체에서 SE가 분리 되었으며 거즈를 이용한 샘플수거와 에어휀 및 파리에서 SE가 높은 분리율을 나타내었다 (그림 3). 즉 SE는 산란계 농장의 모든 환경에 폭넓게 오염되어 있으며 SE에 감염된 산란계를 통해 난계대감염(병원체가 종란에 감염하여 부화후 초생추에서 병이 발생하는 전염양식) 되기에 계란을 통한 사람으로의 전달이 언제든지 가능할 수 있음을 알 수 있다. SE에 의한 계란의 오염은 계란이 생성되는도중 암탉의 난소와 난관에 감염이 되는 경우(in-egg 감염; 체내감염)와 오염된 분변이나 난각의 파각이나 실금등을 통해 계란표면에 SE가 오염된후 계란내

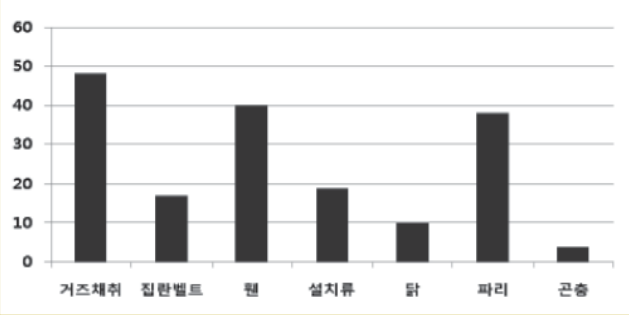

그림 3. 산란계 농장에서 SE 분리양성율(%) (출처:Kinde 등, 2005)

로 침입하는 경우(on-egg 감염; 체외감염) 두 가지가 있다. 산란중인 닭에 SE가 감염되었을 경우 발달중인 계란의 난황이나 난백 모두에 침투해 증식할 수 있다. 일반적으로 세균의 경우 난백보다 난황에서 증식이 잘되는 것으로 알려져 있는데 Gast등 (2007)의 보고에 따르면 SE의 경우도 난백보다는 난황에서의 분리율이 높게 나타나 일반세균처럼 난황에 훨씬 더 오염이 잘되는 것으로 보이며, 난관보다는 난소에서도 분리율이 높은 것으로 나타났다. Otomo등 (2007)이 직접 노계체내에서 SE에 대한 분리를 실시한 결과 맹장(14%), 미성숙계란(7.2%), 수란관내의 성숙계란의 난황(6.8%) 순으로 분리가 되었다. 닭에서 살모넬라의 지속성에 대한 기전은 많이 알려져 있지 않지만, Wigley 등(2001)은 추백리균(SP)의 경우 비장내 대식세포와 생식기관에서 지속적으로 존재할 수 있는 반면에 SE와 ST의 경우 맹장과 소낭에서 지속적으로 존재할 수 있음을 보고하기도 하였다.

계란의 저장성 개선

계란처리공장에서는 농가에서 생산한 계란을 수거하여 가공처리한 다음 식탁용 계란(shell egg)으로 판매되거나 또는 할란시켜 원료 가공란으로 제조된다(표 4).

계란이 가공과 유통을 거치는 과정에서 가장 중요한 항목은 계란의 품질과 위생이다. 한국에서도 산란 후부터 가공란에 이르기까지 품질과 위생증진을 위한 상세한 관리와 취급에 대한 많은 관심과 관련정책을 선진국의 규정과 가이드라인을 참조하여 지속적으로 보완 및 개정을 하고 있다.

계란의 품질향상과 위생 관리를 위한 다양한 방법들

1) 세척 (Egg washing)

각 나라별 계란의 세척 여부는 다음과 같다.

구분	세척여부	질병통제 및 관리
미국 (USA)	○	HACCP 의무적용 및 수송 · 보관의 법적규제 (45°F 이하: 7.2℃)로 미생물의 오염을 최소화
유럽 (EU)	×	산란계에 대한 살모넬라 예방접종으로 미생물 오염을 원천차단 (국가 간 이동은 세척의무)
한국 (Korea)	○	축산법시행규칙에서 등급판정용 계란에 대한 세척의무 규정 축산물위생관리법에서 식용란에 대한 세척규정 없음, 가공란은 세척 의무

산란 후 계란 표면에는 미생물이 cm^2당 10만 개 정도가 붙어 있는데 할란이나 추가가공 공정에서 난액으로 쉽게 오염될 수 있기 때문에 제거해 주어야 한다. 세척법에는 건식과 습식의 두 가지가 있다.

- 건식세척법: 연마방법을 이용하여 계란을 청결하게 할 수 있는데, 살균처리된 직물이나 다른 적합한 물질을 사용하며, 사용하는 장비는 매일 살균처리하여야 한다. 건식세척법은 세척 후의 건조는 필요하지

표 4. 식탁용 계란과 가공용 계란의 가공처리방법

분류	가공처리방법
식탁용 계란	농장에서 수거하여 취합 후 수세, 검란, 건조, 코팅, 등급, 포장, 운송과정을 거쳐 소비자에게 전달
가공용 계란	수세와 등급작업까지 마친 다음 할란, 난액분리, 살균, 냉장, 냉동, 탈당, 건조 등의 공정을 거쳐서 가공제품의 원료로 이용

않으나 습식에 비하여 다량처리가 곤란하며, 세척으로 난각의 두께가 일부 얇아질 수 있는 결함이 있다.

- 습식세척법: 세척수에 침지하면서 솔로 닦거나 분무하는 방법이 있다. 세척액의 온도와 계란온도와의 관계, 세척액의 성분(물, 산, 알칼리, 화학세제, 염소제 등), 세척 후의 건조온도 등 처리방법에 따라 보관방법이 달라지기에 세척을 할 때 효과적인 난각 표면 미생물의 제거, 난각파손 방지, 난각변색 방지 등에 주안점을 두어야 한다.

계란세척방법은 국가별로 차이가 있는데 세척계란이 유통되는 한국과 미국의 계란 세척방법을 비교하면 다음과 같다.

〈한국〉

(1) 분변에 오염된 알을 사용하는 경우 깨끗이 세척하는 동시에 150 ppm 이상의 차아염소산 나트륨으로 살균 또는 이와 동등한 이상의 효력이 있는 방법으로 살균해야 한다고 명시하고 있다.

(2) 염소제재에 따라 너무 과량 사용하면 난각 색깔이 변색될 수 도 있다.

(3) 세척용액에 철(Fe)이 함유하면 세척 후 남은 세균들이 난각막을 통해 쉽게 침투하여 계란이 빨리 부패가 진행될 수 있기 때문에 철제용기를 사용하거나 세척액에 철이 혼입되어서는 안된다.

(4) 수세용액의 온도는 효과적으로 미생물을 제거하기 위해 중요하다. 계란보다 수세온도가 낮으면 미생물이나 이물질이 난각의 세공(pore)을 통해 침입할 수 있기 때문에 계란의 온도보다 11.1℃(70°F) 이상 높은 온도로 수세하여야 하나 온도의 차이가 심하면 수세중 난각이 파손될 우려가 있으니 주의해야 한다. 통상적으로 수세용액의 온도는 32.2℃(90°F) 이상에서 실시한다.

(5) 위생적인 수세작업을 위해서 과도한 거품이 나는 세제를 쓰면 안 되고 수세용액은 4시간 마다 교체해야 한다. 세척 후에 헹구는 물(린스)과 염소수 첨가물을 연이어 사용한다.

(6) 수세할 때 계란을 물에 침지해서는 안되고 가능한 빠른 시간에 실시하여야 하며 수세작업이 끝난 후 미생물의 오염을 방지하기 위해 난각을 건조시킨다. 이후 불량란이나 파란을 구별하기 위해 투광작업을 실시한다.

(7) 수세작업이 모두 끝난 후에 난각 표면의 큐티클 단백질이 일부가 손상될 수 있으므로 필히 포장을 실시한다.

〈미국〉

(1) 생산자들은 부화달걀을 세척하는 것을 선호하고 있으며, 적절한 장비가 제대로 작동된다면 수세는 부화계란을 가장 효과적으로 살균할 수 있다.

(2) 그러나 수온이 권장수준 이하로 떨어지거나 오염이 소독제 용량을 초과하면 세척은 오히려 계란을 오염시킬수 있다. 세척수는 항상 달걀보다 따뜻해야하며, 권장범위는 110-120°F (43.4-48.9℃)이다.

(3) 세척액에는 적당양의 살균제가 포함되어야 하며, 물을 재순환시키지 않는 세제를 사용하는 것이 가장 좋다. 침지된 물을 사용할 경우 물을 자주 교체하여야 한다. 세척용액을 바꾸기전에 용액용량은 갤런당 200 개 이상의 계란을 세척하지 말아야 한다.

(4) 침지시간은 3 분을 초과해서는 안되며 알은 완전히 건조시켜야 케이스에 넣을 수 있다.

(5) 가장 효과적이기 위해서는 살균제 수준을 모니터링하고 제어하는 시스템을 가진 reservoir-type 세척기(washer)가 반드시 구비되어야 한다. 이 유형의 세척기는 재순환되지 않는 용액으로 최종 위생세정을 해야한다.

(6) 부화달걀을 효과적으로 살균할 수 있는 다양한 상업용 달걀세척기들은 시판되고 있다.

(7) 철함량이 2ppm 이하의 양질의 물이 계란세척에 사용되어야 한다.

세척 유무에 따라 계란의 저장 중 신선도를 비교 평가

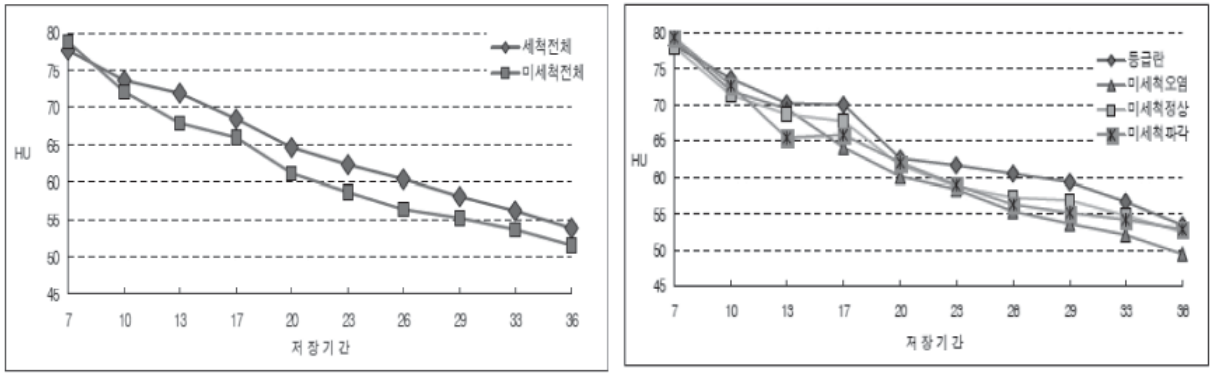

그림 4. 세척 유무에 따른 계란의 신선도 변화 (좌측; 세척란과 미세척란의 신선도변화, 우측:등급란과 미세척란의 품질항목에 따른 신선도변화) (출처:안 등, 2007)

한 안 등(2007)의 연구에 의하면, 실온저장 상태에서 저장기간이 늘어날수록 미세척란은 세척란보다 전반적으로 신선도가 떨어지는 경향을 나타냈으며, 호우단위 (Haugh unit) 수치도 세척정상란〈세척파각란〈미세척파각란〈미세척오염란의 순으로 감소되는 경향을 나타내어 세척란이 미세척란보다 신선도를 유지하는데 효과를 나타냄을 알 수 있었다(그림 4). 저장기간에 따른 부패란 출현은 저장기간이 26일이상 경과한 파각란에서만 발생하였으며, 미세척파각란이 세척파각란보다 부패란 출현율이 높게 나타났다.

2) 살균 (Egg sterilization)

식탁용 생계란을 가능한 짧은 시간에 소비하는 것이 바람직하지만 부득이 장시간 저장하려면 특수처리를 하는 것이 좋다. 표 5을 보면 계란에 활용할 수 있는 다양한 방법들이 간략히 정리되어 있다.

3) 계란의 보관방법(Egg preservation)

계란의 품질과 위생에 가장 직접적인 악영향을 주는 요인이 바로 온도이다. 일반적으로 계란을 상온에서 하루 보

표 5. 계란 살균에 활용되는 다양한 방법들

방법	효과
Fumigation (훈증)	포름알데히드 가스훈증은 계란오염을 줄이기 위해 사용되고 있다. 인간에게 독성을 줄 수 있는 가능성 때문에 사용이 금지되기도 하였지만, 미국EPA는 부화계란을 훈증할 때 사용할 수 있도록 다시 허락하였다 (단, 미국 캘리포니아주에서는 사용을 할 수 없다)
Spray application (분무도포)	소독액이 들어있는 용액은 수집 중에 계란에 뿌려질 수 있으며, 부화계란에 사용하기 위해서는 사용이 허가된 소독제만을 사용할 수 있다. 많이 사용하는 소독제로는 차아염소산 나트륨(sodium hypochlorite), 수산화나트륨(sodium hydroxide), alkyl aryl sulfate, 규산나트륨(sodium silicate) 등을 50–200 ppm 정도 사용한다.
UV light (자외선)	계란은 자외선에 노출되어 살균될 수 있으며, 자외선을 사용하는 상업용 살균장치가 이용되고 있다.
Disinfectant (소독제)	세척액에 염소계 소독제(chlorine)을 첨가하면 난각 표면 미생물의 90%를 제거할 수 있다. 산업적으로 여러 종류의 염소제를 단독 또는 혼합으로 사용하고 있다. 세척제가 함유된 염소계 소독제는 식탁용 계란을 세척하는데 널리 사용되며 부화계란의 위생에도 안전하다는 것이 입증되었다. 부화계란 세척을 위해서는 다양한 상업용 살균제가 등록되어 있다. 부화계란 살균에 사용할 수 있는 여러가지 상업제품 등록확인은 www.biosecuritycenter.org/disinfect.htm을 통해서 가능하다. Quaternary ammonium은 부화계란에 가장 탁월한 살균제이다. Quaternary ammonium은 부화계란에 안전하고, 달걀에 잔류보호를 남기고, 장비 및 사람에게도 안전하며, 무엇보다 비용면에서도 가장 합리적이다.

표 6. 계란의 저장성 개선을 위한 방법들

방법	조건 및 효과
가스저장법 (CO_2 storage)	• 저장실에 먼저 CO_2가스를 주입시켜 계란의 내부에서 외부로 호흡작용을 억제시킴으로써 저장을 연장시킨다. • 저장실의 상대습도는 70-80%, 온도는 7℃이하로 둔다.
도포법 (coating)	• 도포법(coating)은 가능한 산란 직후 pH가 증가하지 않은 신선한 계란의 표면에 광물기름, 파라핀, 목화씨기름 등으로 분무하여 실시하는 방법이다. • 이렇게 코팅함으로써 생란의 저장중 발생하는 수분과 CO_2발생을 막을 수 있고 무게 감소를 방지하며, 호우단위(Haugh unit)의 감소를 방지할 뿐 아니라 외부와의 차단으로 미생물의 침입이 억제된다. • 코팅한 계란에 온습도의 조절과 CO_2가스를 함께 충전하여 보관하게 되면 저장효과는 더 커지게 된다

관하는 것이 냉장고에서 1주일 보관하는 것보다 품질저하가 더 심하기 때문에 반드시 냉장 보관시켜야 한다. 산란 직후 계란을 수거하여 4.4-7.2℃, 상대습도(RH) 80% 이하로 유지하는 것이 가장 이상적이다. 또한 수세와 분류가 끝난 식탁용 계란은 소비자까지 가능한 빠른 시간 내에 전달되는 것이 좋다.

이와 관련하여 미국에서는 (1) 산란후 신선한 계란을 가능한 빨리 냉장고에 입고시켜야 하며, (2) 계란의 수거작업은 대부분 기계로 실시 권유(때로는 손으로 수거하는 경우도 있음), (3) 수거작업을 가능하면 자주 실시하여 계란이 상온에 노출되는 시간을 줄여야 하며, (4) 산란 후 지역 판매 소매점은 1일 이내, 대부분의 계란도 3일 이내의 소매점에 도착하도록 하며, (5) 운송 시에 냉장트럭을 이용해야만 한다고 권고하며, (6) 슈퍼마켓에서 판매할 때는 온도와 습도관리에 용이한 carton 포장을 추천하며, (7) 통상적으로 **식탁용 계란과 액란은 2시간 이상 냉장고 밖에 두어서는 안되고 반드시 4.4℃이하에서 보관해야 하며 얼려서는 안된다고 규정**하고 있다.

생란의 보존방법으로는 기실(둔단부)를 위쪽으로 하여 개개를 접촉시키지 않는 상태에서 5 ℃(15 ℃ 이하)의 냉암소에 두면 3개월 정도 보존이 가능한 냉장보존법을 많이 사용하다. 그 외에도 도포법(coating), 가스저장법 (CO_2 storaging) (표 6), 건조된 곡류(겨, 톱밥, 등)에 묻어두는 방법, 포화식염수(석회수,방부성 요액 등)중에 침지하는 방법 등이 계란의 장기보존과 유통을 위해서 이용되기도 한다. 만약 3개월 정도 장기 보관하는 계란의 경우 **세척하지 않고 2-5℃로 냉장하는 것이 가장 좋은 방법**이다.

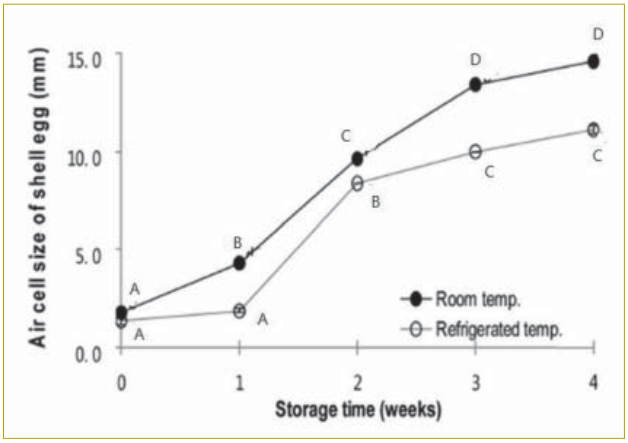

그림 5. 계란의 저장 · 보관중기실의크기(깊이) (출처: kim et al., 2015)

계란은 산란직후로부터 신선도가 저하되는 것으로 알려져 있다. 저장온도에 따른 계란의 품질변화를 살펴본 연구(계란의 보관온도 및 기간에 따른 난질 변화, 김민지, 2015)에 의하면, 실온(17 °C) 보관시 17일이상 보관하는 경우 품질저하로 식용으로 사용하기에 부적합하였으며, 반면 저온(5 °C) 보관시에는 106일까지 보관하여도 신선도는 크게 저하되지 않았다.

계란의 저장, 유통중 발생하는 비중의 감소원인은 중량감소와 수분증발에 의해 기실이 크게 변화하기 때문인 것으로 설명될 수 있다. 계란의 저장, 유통중에 난각의 미세한 공극을 통해 내부의 수분이 증발하면서 그만큼 외부의 공기가 유입되어 기실이 점점 크게 변화하게 된다(그림 5).

저장 조건에 따른 신선도 변화 연구에서, 실온저장의 경

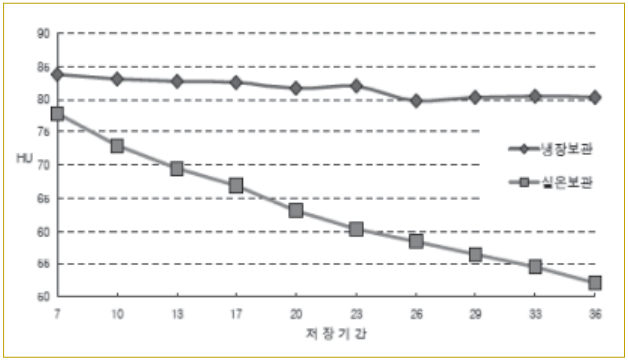

그림 6. 계란의 냉장 또는 실온 저장조건에 따른 신선도변화 (출처:안 등, 2007)

우는 호우단위(HU)가 저장기간에 따라 감소하였지만, 냉장보관의 경우는 냉장저장조건 자체가 신선도 저하를 억제하는 인자로 작용하여 전체 호우단위(HU) 수치가 높은 수준을 지속적으로 유지하고 있음을 볼 수 있다(그림 6). 결론적으로 계란의 저장기간과 보관온도는 상호 긴밀한 관계를 가지고 있기 때문에 향후 더 많은 관심을 가지고 후속 연구가 진행되어야 할 것이다.

각 나라의 계란 보관온도와 기간

(1) 미국(USA)

미국 식품의약안전처(US FDA)의 "Refrigerator

표 7. 미국의 계란 및 계란이 첨가된 제품의 보관 온도와 기간

제품			냉장 (4 ℃)	냉동 (−18 ℃)
생계란	껍질이 있는 상태		3−5주	냉동하지 말 것 (단, 흰자와 노른자를 섞은 후에는 냉동가능)
	난백		2−4 일	12 개월
	난황		2−4 일	노른자는 냉동이잘 되지 않는다
	껍질이 있는 상태에서 우연히 냉동된 경우		해동 후 즉시 사용	냉동상태로 유지하고, 냉장 상태에서 해동
삶은 계란			1주일	냉동하지 말 것
계란대체제	액체	미개봉	10 일	12 개월
		개봉	3 일	냉동하지 말 것
	냉동	미개봉	녹인 후 7일 또는 소비기한까지	12 월
		개봉	녹인 후 3일 또는 소비기한까지	냉동하지 말 것
계란이 포함되어 있는 요리			3−4 일	가열조리 후 2−3 개월
에그노그[1]	상업적인 제품		3−5 일	6 개월
	집에서 제조한 제품		2−4 일	냉동하지 말 것
파이	호박 또는 피칸		3−4일	가열조리 후 1−2 개월
	커스터드와 쉬폰		3−4 일	냉동하지 말 것
다양한 재료가 포함된 키쉬[2]			3−4일	가열조리 후 1−2개월

(출처: https://www.foodsafety.gov/keep/charts/eggstorage.html)

[1] Eggnog(에그노그)는 우유나 크림, 휘저은 달걀, 설탕, 넛맥의 일정한 혼합으로 이루어진 크리스마스 음료로써 회복기 환자와 성장기 아이들에게 오래전부터 애용되어 왔다.

[2] Quiche는 달걀, 크림, 향신료, 양파, 버섯, 햄, 조개, 또는 허브 등으로 만들고 맛있는 커스터드 등으로 채운 pastry 껍질이다. 이 중에서 가장 유명한 것이 quiche 로렌으로 바삭하게 구운 베이컨 조각, 또는 Gruyere 치즈 등을 filling으로 넣은 것이다.

& Freezer Storage Chart – FDA"와"Egg Storage Chart–Food Safety"에 의하면 계란 및 계란이 첨가된 제품의 보관 온도와 기간은 다음과 같은 조건으로 규정되어 져 있다(표 7)

(2) 유럽

현재의 EU규정에서는 예외없이 소매점과 식품가공업자에게 판매되는 모든 계란은 생산자나 등록된 Egg Marketing Inspetors에서 포장되어야하고 모든 면에서 Class A 이어야 한다. 계란에 Best Before Date를 표기하는 것은 법적인 요구사항이 아니지만 일부 생산자(포장업자)는 그러한 정보를 계란에 날인한다. 명시된 Best Before Date의 표기는 포장지나 라벨에 한하며 산란일로부터 28일을 초과할 수 없다. 계란 생산업자에게 식별번호를 부여하기 위해 Egg Marketing Inspections(part of Animal Health and Veterinary Laboratories Agency)에 등록하도록 의무함으로써 얻는 주요 장점은 공정한 경쟁, 식품 안전성 목적을 위한 이력추적 그리고 동물 복지 및 질병 통제 등이다. 산란계 50수 미만의 생산자는 Egg Marketing Inspectors에 등록하지 않고 농장내 판매나 방문판매를 할 수 있다. 다만, 포장지에 생산자 성명과 주소 및 구매 후 Best Before Date(산란 후 최대 28일) 동안 냉장 상태에서 보관해야 함을 소비자에게 알리는 문구를 표시한다.

(3) 한국

한국 식약처의 "축산물 가공기준 및 성분규격"에서 생란의 보관온도와 기간에 대해서는 명시되어 있지 않다. 다만, 가공란의 살균 기준과 보관온도와 기간에 대해서 다음과 같이 명시되어 있다.

"할란은 오염이 되지 않도록 구획된 작업장에서 위생적으로 실시하여야 한다. 난각이 분변등에 오염된 알을 사용하는 경우에는 깨끗이 세척하는 동시에 150 ppm 이상의 차아염소산나트륨으로 살균 또는 이와 동등이상의 효력이 있는 방법으로 살균하여야 한다. 살균란은 여과, 균질 및 살균공정을 거쳐야 한다. 제품의 특성에 따라 살균온도 및 시간관리를 철저히 하여야 한다. 특히 알가열성형 제품에 있어서는 90 ℃에서 20분간, 전란액은 64 ℃에서 2분 30초간, 난황액은 60 ℃에서 3분 30초간, 난백액은 55 ℃에서 9분 30초간 가열 살균하거나 또는 이와 동등이상의 효력이 있는 방법으로 가열 · 살균하여야 한다. 건조제품에 있어서는 제품의 변색 · 변성등이 방지되도록 알중의 당성분을 제거한 후 건조하여야 한다. 비살균액란 제품은 실금란 · 오란 · 연란을 제외한 정상란으로만 제조 · 가공하고 할란후 속히 5 ℃ 이하로 냉각하여야 하며, 72시간을 초과하여 보관하여서는 안된다. 살균제품은 모두 미생물의 증식을 극소화 시킬수 있도록 5 ℃ 이하에 신속히 냉각시켜야 한다. 원료용 알을 냉장보관할때에는 알가공품과 구획하여 보관하여야 한다."

따라서, 알가공품 이외 생닭에 대한 보관 온도 및 시간에 대한 기준을 구체적으로 제시하고 보완한다면 국내 유통 중인 계란의 안전성을 높이고 체계적인 관리가 가능할 것이다.

결론

일반적으로 계란은 외부 충격뿐만 아니라 습도, 기온 등의 다양한 영향을 받기 때문에, 계란의 품질과 안전성을 확보하기 위해서는 위생적인 관리와 유통기한 준수가 매우 중요하다. H5N6형 고병원성 조류인플루엔자(Avian influenza, AI)가 2016년 하반기 한국에서 발생하였으며, 이에 따른 양계산업의 막대한 피해뿐만 아니라 계란 공급이 급격하게 부족한 상태가 되었다. 이에 정부에서는 외국산 계란의 대규모 수입으로 대체하기로 결정하여 2017년 1월 하순부터 국내에서 유통 · 판매되고 있다. 따라서 수입 계란의 안전성 및 품질에 관해서 많은 관심을 가지고 있는 것은 당연한 현상이다. 더 심각한 상황은 2017년 계란 생산량이 2016년보다 대략 8만톤 정도 감소하고, 생산지 가격은 약 63% 정도 상승하며, 산란계가 AI가 발생하기 전만큼 증가하려면 최소 1–2년이 소요될 것이라고 한

국농촌경제연구원은 예상하고 있다. 따라서 중 · 장기적인 관점에서 정부 및 관련부처 (식약처, 대한양계협회, 축산물품질평가원), 대학, 농장, 업계 등으로 구성된 전문가 집단을 소집하여 합리적으로 해결할 수 있는 방법을 도출하여야 할 것이다.

안전한 계란 공급을 위해 미국의 경우에는 계란의 세척을 의무화하는 동시에 생산 · 보관 · 수송에 관한 냉장규정(0-7.2 ℃)에 따라 계란을 유통한다. 유럽의 경우에는 산란계에 대한 살모넬라 예방접종을 실시하고 있으며 국가간의 거래에서는 세척을 의무화하고 있다. 이번 기회에 축산선진국의 선진화된 계란의 생산부터 판매까지의 안전한 계란 공급체계를 벤치마킹하여 한국의 현실에 맞게 적용하여 운용될 수 있도록 다양한 연구가 필요하다.

무엇보다 현재 계란의 유통과 관련된 저장기간과 온도 설정에 관해서는 과학적인 연구과제를 통해서 반드시 확립되어야 하며, 또한 외국에서 수입되는 계란 및 계란가공식품에 대한 품질검사 등도 검역주권의 관점에서 이번 기회에 재검토되어야 할 것이다.

감사의 글

건국대학교 식품안전건강연구소(Center for One Health)의 지원에 감사합니다.

참고 문헌

1. An JH, Park JM, Gu JG, Yoon SJ, Lee JS, Kim JM, Kim SH, Kim RH, Park JW, Song SO, Wee SH, and Km JM. 2012. A Study of Establishment and Exploitation of Bio-markers for Determination of Shelf-life of Eggs and Egg Products. Korean J. Food Sci. Ani. Resour. 32:354-363.

2. Egg Storage Chart. https://www.foodsafety.gov/keep/charts/eggstorage.html. Accessed on January 21 2017.

3. Ernst. RA.2004. Hatching egg sanitation: The key step in successful storage and production. Publication 8120. http://anrcatalog.ucdavis.edu. Accessed on February 1, 2017.

4. Extended storage of eggs would increase Salmonella food poisoning – EFSA. http://www.ifst.org/news/extended-storage-eggs-would-increase-salmonella-food-poisoning-efsa. Accessed on January 23, 2017.

5. FDA: New Final Rule to Ensure Egg Safety, Reduce Salmonella Illnesses Goes Into Effect. http://www.fda.gov/NewsEvents/Newsroom/PressAnnouncements/2010/ucm218461.htm. Accessed on January 24, 2017.

6. Gast, R. K., R. Guraya, J. Guard-Bouldin, P. S. Holt, and R. W. Moore. 2007. Colonization of specific regions of the reproductive tract and deposition at different locations inside eggs laid by hens infected with Salmonella enteritidisor Salmonella heidelberg. Avian Dis. 51:40-44.

7. Kim JG, Park JY, and Kim JS. 2015. Effects of storage time and temperature on the hygienic quality of shell eggs. J. Environ. Health Sci. 41:438-448.

8. Kinde, H., Castellan, D. M., Kerr, D., Campbell, J., Breitmeyer, R., &Ardans, A. (2005) Longitudinal Monitoring of Two Commercial Layer Flocks and Their Environments for Salmonella entericaentericsSerovar Enteritidis and Other Salmonellae. Avian Diseases, 49, 1189-1194.

9. Klaus Rot. 2012. Boiled Eggs: Soft and Hard, Part 1. Wieldy-VCH.

10. Lee HO, Kim JY, and Kim BS. 2014. Choosing quality indicators for quality prediction of egg in circulation. Korean J. Food Preserv. 21:609-617.

11. Lee SK, Chon JW, Song KY, Hyeon JY, Moon JS, and Seo KH. 2013. Prevalence, characterization, and antimicrobial susceptibility of Salmonella Gallinarum isolated from eggs produced in conventional or organic farms in South Korea. Poult Sci. 92: 2789-2797.

12. Otomo Y. Abe K. Odagiri K. Shiroto A. Takatori K. Hara-Kudo Y. 2007. Detection of Salmonella in spent hens and eggs associated with foodborne infections. Avian Dis. 51:578-583

13. Public health and safety of eggs and egg products in Australia: Explanatory summary of the risk assessment. 2009. Food Standards Australia New Zealand. https://www.foodstandards.gov.au/code/primaryproduction/

egg/documents/Eggs_healthandsafety.pdf. Accessed on January 31, 2017.

14. Shell eggs from farm to table. United States Department of Agriculture Food Safety and Inspection Service (USDA-FSIS). Available at: https://www.fsis.usda.gov/wps/portal/fsis/topics/food-safety-education/get-answers/food-safety-fact-sheets/egg-products-preparation/shell-eggs-from-farm-to-table/CT_Index. Accessed on January 20, 2017.

15. Sim JS and Sunwoo HH. 2006. The Amazing Egg: Nature's perfect functional food for health promotion. University of Alberta, Edmonton, Canada.

16. Why Europeans Don't Refrigerate Eggs But Americans Do. http://uk.businessinsider.com/why-europeans-dont-refrigerate-eggs-2016-12. Accessed on January 18, 2017.

17. Wigley P, Berchieri A, Page KL, Smith AL&Barrow PA (2001) Salmonella entericaserovar Pullorum persists in splenic macrophages and in the reproductive tract during persistent, disease-free carriage in chickens. Infect Immun69: 7873-7879.

18. 강경선, 김기석, 김석, 김태중, 김현석, 백병걸, 서건호, 이범준, 이영순, 이영주, 이재일, 이존화, 이후장, 임운규, 최농훈, 홍종해, 황규계. 2010. 식품위생학. 문운당

19. 강정부. 일본의 시판계란의 살모넬라 오염조사. 첨단기술정보분석. http://www.reseat.re.kr. Accessed on January 13, 2017.

20. 계란의 세척 및 살균. http://www.nias.go.kr. Accessed on January 26, 2017.

21. 계란의 품질평가기준. 축산물품질평가원. http://www.ekape.or.kr/view/user/main/main.asp. Accessed on January 22, 2017.

22. 김민지. 2015. 계란의 보관온도 및 기간에 따른 난질 변화. 축산과학원

23. 대한양계협회(Korean Poultry Association). https://www.poultry.or.kr/index.php. Accessed on January 10, 2017.

24. 안성섭, 김의두, 권기문. 계란의 품질상태별 저장조건 및 저장기간에 따른 신선도 변화. 2007년 현장연구조사 결과 보고서. 2007년 12월. p203-220.

25. 양계연구 2010. 산란계 주령에 따른 계란 품질의 변화. 한국양계연구소. 7월호.

26. 양계연구. 2017. 계란의 내 · 외부 품질 개선방안. 한국양계연구소. No. 322.

27. 외국의 계란 등급판정제도 운영사례 조사 결과. 축산물품질평가원. http://www.ekape.or.kr/view/user/gov/gov_03_03_view.asp?write_no=104&page=880&board_type=openInfo&searchPart=&searchWord=&searchPart1=&searchPart2=&searchPart3=. Accessed on January 10, 2017.

28. 이성기. 2016. 닭고기와 계란의 과학. 유한문화사

29. 한석현. 1996. 계란의 과학과 그 이용. 선진문화사

30. 양시용, 홍영호, 송창선. 2010. 살모넬라 부재 계란 및 닭고기 생산을 위한 위생관리. 한국가금학회. 춘계 심포지엄, pp 17-27.