

계란의 보관방법에 따른 품질 변화

이성모¹, 김경호, 홍종해*

인천광역시보건환경연구원¹, 강원대학교 수의학과*
(접수 2002. 1. 2, 게재승인 2002. 3. 18)

Changes of egg quality during storage

Sung-Mo Lee¹, Kyoung-Ho Kim, Chong-Hae Hong*

¹Incheon Metropolitan Health & Environment Research Institute, Incheon, 404-251, Korea
*Department of Veterinary Medicine, Kangwon National University, Chuncheon, 200-701, Korea
(Received 2 January 2002, accepted in revised form 18 March 2002)

Abstract

This experiment was carried out to investigate the changes of egg quality during storage in order to find out the proper storage condition. Fresh eggs were stored at cold condition (5°C, relative humidity ; RH : 65±3%) and room condition(25°C, RH : 40±3%) during 10 weeks and examined microbiological quality, weight loss and interior quality periodically. Weight loss was indicated 17.93% at room condition and 2.56% at cold condition. The pH of egg white and yolk were increased from 7.94 to 9.03(average 13.72%) and from 6.16 to 6.57(average 6.65%) at cold condition and from 7.94 to 9.54(average 20.15%) and from 6.16 to 6.90(average 12.01%) at room condition respectively. But pH of egg white and yolk did not showed significant difference between before molting and after molting. Haugh unit was decreased from 82.0 to <30 at room condition after 3 weeks. The most frequent bacteria isolated were *E coli*, *Staphylococcus leutus*, *S saprophyticus*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella oxytoca*, *Providencia rettgeri*, and *Pontoea* spp. It was recommended that shelf life of unrefrigerated eggs would not be longer than 21 days at room temperature in summer.

Key words : Egg quality, Storage

¹Corresponding author
Phone : 032-440-6354, Fax : 032-576-7785
E-mail : lsm2000@inpia.net

서 론

계란은 단일식품으로 높은 영양가에 비해 에너지가 낮고 소화 흡수가 잘 되며 비교적 가격이 저렴해 우리 식생활에 많이 이용되고 있다. 우리나라의 계란 소비량은 2000년 기준으로 1인당 10.1kg이며, 앞으로 소비량 증가가 예상되어 2010년에는 1인당 11.0kg 소비를 전망하고 있다¹⁻³⁾.

계란은 난각, 난각막, 난백, 난황으로 구성되어 있으며, 난각은 큐티클 단백질과 해면상층, 유두층으로 구성되어 있다. 큐티클은 호흡에 관여하고 미생물의 침입을 막는 역할을 하며 난각막 또한 외부 미생물의 침입을 막는 역할을 한다. 즉, 계란은 자체의 미생물 방어기능을 가지고 있어 다른 식품에 비해 보존성이 높은 편이다. 그러나 유통기간이 길고 취급 부주의로 인하여 식중독의 원인식품이 되기도 한다²⁾.

계란 및 난류는 우리나라는 물론 세계 각국의 살모넬라 식중독 발생의 가장 중요한 원인 식품의 하나이므로, 따라서 우리나라도 계란으로 인한 살모넬라 식중독 방지를 위한 대책 마련이 필요하다⁴⁻⁸⁾.

농가에서 생산된 계란이 최종 소비자에게 이르기까지는 수집, 가공처리, 검사, 저장, 포장, 수송 등 여러 과정을 거치게 되는데 일반적인 계란의 유통구조는 생산농가, 도매시장(수집반출상), 중간도매상, 소매상, 소비자 등의 단계를 밟게 된다.

국내에서 생산되는 계란의 약 82%는 수집반출상의 역할을 겸하고 있는 대규모 상인에 의해 유통되고 있으며 중간상인은 1일 1~5만개의 계란을 취급하는 상인으로 농가나 수집 반출상으로부터 계란을 수집하여 요식업소, 슈퍼마켓, 가정에 직접 배달하고 있다.

계란의 소매는 일반상점이나 슈퍼마켓, 이동차량 등에 의한 판매가 주종을 이루고 있는데 이동차량은 가격이 하락하여 마진폭이 클 때 집중적으로 활동함으로써 체화된 물량을 처리하는데 큰 역할을 담당하고 있으나 계란이 신선하지 못하다는 소비자의 불평이 있다. 그러나 다행히 일부나마 전국적으로 60여 개소의

계란집하장(GP)을 설치하여 도매시장 기능을 수행하고 있으나 아직은 전체물량의 약 15%에 불과하여 일본의 80%에 비하면 그 규모가 작고 다시 상인 조직을 통해 판매되고 있어 유통 개선에 큰 영향을 미치지 못하고 있는 실정이다^{3,9,10)}.

국내에서 유통되는 계란은 대부분 상온에서 유통되고 있으며, 유통업자 스스로 정한 유통기한도 구입일 기준으로 대부분은 20일~30일이었으며, 30일을 넘는 것도 다수 있다고 보고되었다¹¹⁾. 최근 계란에 대한 소비자 조사에서 품질에 대한 욕구가 높았으며, 특히 계란에 대한 불만족 경험, 계란에 의한 식중독 발생 등의 문제가 소비 촉진에 저해요인으로 작용하고 있음을 알 수 있었다¹²⁾.

국내의 난가공업소는 80여 개로 그중 전란액을 취급하는 업소는 절반 이하로 대부분이 영세하며, 정상란 이외의 난각란으로는 유통이 불가능한 파란, 오란 등을 액란의 원료로 사용하는 등 위해성 문제가 잠재되어 있는 실정이다. 그러므로 계란을 선별·포장하는 GP센터와 알가공장에 대한 HACCP system 도입은 매우 필요하다^{13,14)}.

그동안 우리나라는 계란에 대한 위생관리에 소홀하였으며, 그 개선을 위하여 정부는 2001년 12월부터 품질과 규격에 따른 공정거래와 계란의 유통개선을 위하여 계란등급제를 시범사업으로 시행하고 있으며, 축산물가공처리법 개정으로 2002년 7월부터는 계란의 안전성 관리가 강화될 것으로 기대되고 있다¹⁵⁾.

생산에서 소비에 이르기까지 유통구조가 복잡하고 냉장체계가 미흡하여 계란의 신선도가 저하되므로, 본 연구에서는 계란의 보관에 따른 품질변화를 시험하여 계란의 유통 가능기간을 확인함으로써 계란의 유통기한 설정 및 품질관리에 참고하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험에 사용한 계란은 인천광역시 소재

농장에서 당일 집란한 60g 이상의 갈색란(이 사브라운) 2개 계란(260일령, 환우를 한 450일령)의 계란을 수집하여, 냉장보관(5℃, 상대습도 65±3%)과 실온보관(25℃, 상대습도 40±3%)상태에서 보관하여, 2001년 2월부터 5월까지 10주간 보존시험을 실시하였다.

난중 감소율 측정

260일령에서 생산된 계란 60개를 냉장보관과 실온보관 상태에서 1주일 1회 총 10주간 중량변화를 측정하여 저장 초기의 무게에 대한 백분율로 표시하였다.

pH측정

260일령과 450일령 생산 계란을 보관방법에 따른 pH변화를 난백과 난황을 분리하여 pH meter(Orion model 520A, USA)로 측정하였다.

Haugh unit 측정

난백의 품질을 평가하는데 많이 쓰이는 것은 Haugh 단위이다. 이것은 Raymond Haugh에 의해 1937년 처음 제안된 것으로 농후 난백의 높이를 측정하여 계란의 중량과의 관계를 20~100 범위에서 수치화한 것이다¹⁶⁾. Haugh unit는 Egg Multi Tester EMT-5200(Robotmation Co Ltd, Japan)을 이용하여 매주 측정하였다. $Haugh\ unit = 100 \log(H - 1.7W^{0.37} + 7.57)$. (H : Albumen height(mm), W : weight of egg(g))

난각의 일반세균수 검사

시험대상 계란(260일령 생산)을 무균적으로 파쇄하여 난백과 난황을 제거 한 후 난각을 10배 희석하여 공시 재료로 사용하였다.

보관장소 및 보관 기간별 일반세균수 변화는 매회 10개의 난각을 취해 3M petrifilm (Microbiology Products, USA)에 배양하여 검사하였다.

난각의 미생물 분리동정

난각을 무균적으로 취하여 0.9% 멸균 식염수에 1:9의 비율로 시료 채취기에 넣고 시료 균질기 (Lab blender, USA)로 균질화 시킨 후

24시간 전배양을 실시하였다.

전배양 시료 1ml를 Tryptic Soy Broth (Difco Co, USA) 및 Thioglycolate broth (Difco Co, USA)에 취하여 37±1℃에서 18~24시간 증균 배양 후 MacConkey agar(Difco Co, USA), Salmonella & Shigella(SS) agar (Difco Co, USA), Mannitol Salt agar(Difco Co, USA), Xylose Lysine Desoxycholate (Difco Co, USA) 및 Baird Parker(Merck Co, Germany)의 분리배지를 사용, 획선 접종하여 37±1℃에서 24시간 배양 후 생성된 집락을 취해 그람염색, IMViC test, API 20E(Bio Merieux Ind, France) 및 API Staph(Bio Merieux Ind, France)로 판정하여 동정하였다.

결 과

난중 감소율

저장기간에 따른 평균 난중 감량 비율은 10주 경과 후, 실온 보관 17.93%, 냉장 보관 2.56%로서 냉장 보관이 실온 보관보다 약 7배 낮은 중량 감소율을 보였으며, 실온 보관에서 보관초기 난중 감소율이 높게 관찰되었다 (Table 1).

Table 1. Changes in weight loss of eggs by percentage during storage at 5℃(RH 65%) and 25℃(RH 40%) for 10 weeks

Weeks	5℃ (RH 65%)	25℃ (RH 40%)
1	0.17	1.94
2	0.44	3.70
3	0.73	5.58
4	0.95	7.44
5	1.24	9.22
6	1.54	11.01
7	1.73	12.82
8	1.90	14.56
9	2.32	16.40
10	2.56	17.93

n=60, day of laying(260 days)

pH 변화

냉장보관의 경우, 260일령의 닭에서 생산된 난황의 pH는 6.16에서 6.57(평균 6.65% 증가)로 상승되었으며, 450일령의 환후를 실시한 닭에서 생산된 계란의 난황 pH는 6.18에서 6.54(평균 5.82% 증가)로 상승하였다.

실온보관의 경우는 260일령은 난황 pH 6.16에서 6.90(평균 12.01% 증가)로 450일령은 pH

6.18에서 6.93(평균 12.13% 증가)으로 각각 상승되었으며 5주 이후 pH 증가가 뚜렷하였다.

보관온도에 따른 난황의 pH는 실온보관에서 높게 나타났으나($p < 0.05$), 생산 일령에 따른 차이는 보이지 않았다(Fig 1).

난백의 pH는 냉장보관에서 260일령은 7.94에서 9.03(평균 13.72% 증가)로 450일령은 8.02에서 9.08(평균 13.21% 증가)까지 상승하였으며,

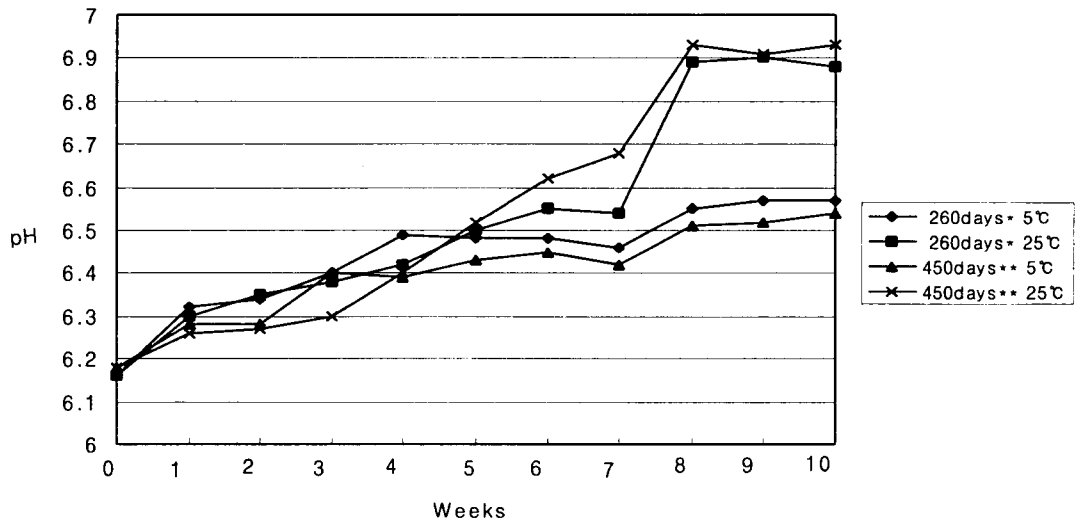


Fig 1. Change in pH of egg yolk during storage at 5°C(RH 65%) and 25°C(RH 40%) for 10 weeks.

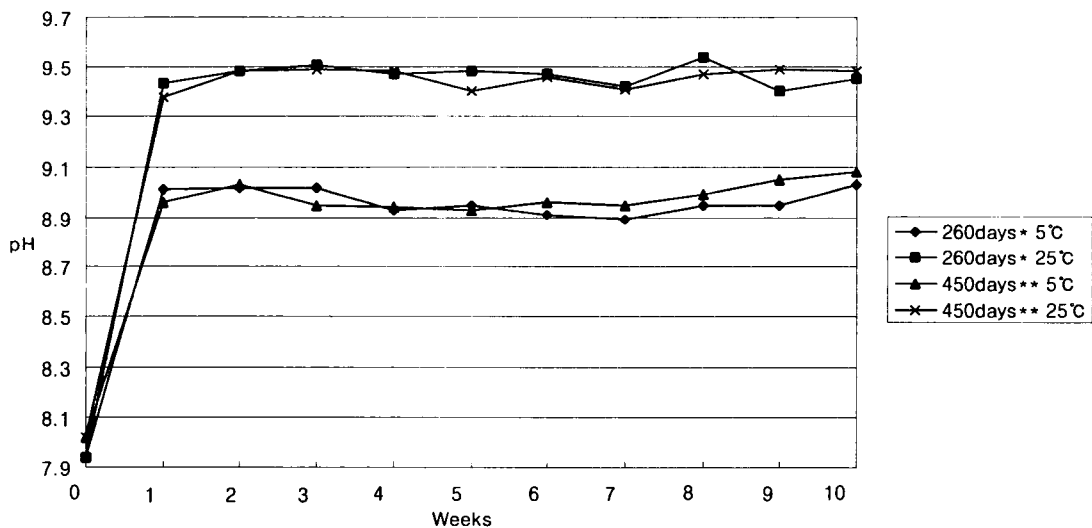


Fig 2. Change in pH of egg white during storage at 5°C(RH 65%) and 25°C(RH 40%) for 10 weeks.

Table 2. Changes in Haugh units of eggs during storage at 5°C(RH 65%) and 25°C(RH 40%) for 10 weeks

Weeks	260days*		450days**	
	5°C	25°C	5°C	25°C
0	82.8±2.6	82.8±2.6	82.1±4.8	82.1±4.8
1	79.3±6.5	45.0±7.4	76.6±6.8	60.0±10.6
2	78.3±3.2	43.1±6.5	75.4±5.9	48.9±9.7
3	73.7±8.2	42.6±6.8	64.7±13.6	32.1±6.4
4	69.6±5.0	<30	69.1±4.5	<30
5	78.5±6.0	<30	71.7±6.1	<30
6	73.5±6.8	<30	70.9±6.3	<30
7	73.0±6.4	<30	69.5±8.6	<30
8	71.9±5.5	<30	69.0±5.8	<30
9	66.9±6.4	<30	64.2±7.8	<30
10	66.6±3.2	<30	64.0±5.6	<30

Mean±standard deviation, * day of laying(before molting), **day of laying(after molting) n=5

실온 보관에서는 260일령은 7.94에서 8주 보관 시 최고 9.54(평균 20.15% 증가)로 증가하였으며, 450일령은 8.02에서 9.49(평균 18.32% 증가)까지 상승하였다. 특이하게 난백의 pH는 초기 1주 이내에 급격히 상승하였으며 2주 이후에는 변화가 거의 없었다. 보관온도에 따른 난백의 pH는 실온보관에서 높게 나타났으나 ($p<0.001$), 생산 일령에 따른 차이는 없었다 (Fig 2).

Haugh unit

계란의 신선도 검사법의 하나인 Haugh unit를 이용하여 10주간의 변화를 관찰한 결과, 냉장 보관의 260일령 생산 계란은 82.8±2.6 (Mean±SD)에서 66.6±3.2로, 450일령 생산 계란은 82.1±4.8에서 64.0±5.6으로 서서히 낮아졌으나, 실온 보관은 3주 이후에 30이하로 급격히 감소하였으며, 환우 후 생산계란에서 Haugh unit 저하가 관찰되었다($p<0.05$) (Table 2).

난각의 일반세균수

난각 표면의 일반 세균수는 저장 직전 1×10^2 이었으나 보관 중 저하되어, 실온보관은 1주, 냉장보관은 보관 2주부터 일반 세균수가

$<10^1$ 를 보였다(Table 3).

Table 3. Change in bacterial counts on egg shell during storage at 5°C(RH 65%) and 25°C(RH 40%)

Days (Weeks)	5°C (RH 65%)	25°C (RH 40%)
0	1×10^2	1×10^2
3	9.5×10^1	1.7×10^1
7 (1)	1×10^1	$<10^1$
14 (2)	$<10^1$	$<10^1$
21 (3)	$<10^1$	$<10^1$
28 (4)	$<10^1$	$<10^1$
35 (5)	$<10^1$	$<10^1$

n=10, day of laying(260 days)

난각의 미생물

260일령 계란 30개의 난각표면을 균분리 동정한 결과, *E coli*(15건), *Citrobacter freundii*(6건), *Klebsiella oxytoca*(6건), *Providencia rettgeri*(3건), *Pontoea spp*(3건), *Staphylococcus leutus*(8건), *Staphylococcus saprophyticus*(6건) 등이 분리되었으며, 3건은 분리되지

않았다(Table 4).

Table 4. Types of microorganisms present on the shell of the hen's egg(n=30)

Microorganisms	Frequency of occurrence(%)
<i>E coli</i>	15 (50.0)
<i>Citrobacter freundii</i>	6 (20.0)
<i>Klebsiella oxytoca</i>	6 (20.0)
<i>Providencia rettgeri</i>	3 (10.0)
<i>Pontoea spp</i>	3 (10.0)
<i>Staphylococcus leutus</i>	8 (26.7)
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	6 (20.0)
No microorganisms	3 (10.0)

고 찰

계란은 산란직후부터 이화학적 성분이 변하기 시작한다. 이와 같은 성분 변화는 품질저하를 의미하며 주요 변화로는 무게감소, 난백의 액화, 가스 방출, pH상승, 미생물의 증가 등을 들 수 있다. 이와 같이 계란의 품질변화는 보존 온도, 상대습도, 보존기간, 계란의 난각 세척 및 코팅과 수송 등 취급 방법과 닭의 일령, 백신접종 및 질병여부 등 사육환경에 따라 영향을 많이 받아 계절에 따라 난중, Haugh Unit와 영양물질 등이 변한다^{17,18)}.

산란 후 제일 먼저 일어나는 급격한 변화는 계란 내에서의 CO₂ 가스의 외부 방출에 의해 난백의 pH 상승이 시작한다. 또 난백의 수분은 기공을 통해 증발하기 시작함과 동시에 난백에서 난황으로 수분이 조금 이동하기 시작하나 시간이 경과하면 난황의 수분도 감소하여 기실용적이 증대한다¹⁾.

본 조사의 난중 감소율을 다른 연구자의 결과와 비교하기에는 온·습도 및 보관기간, 계란의 종류(품종), 일령 등의 조건에서 차이가 있지만, 전반적으로 냉장보관은 다른 조사¹⁹⁻²³⁾ 결과에 비해 난중 감소율이 다소 낮았고 실온보관은 다른 조사^{19,20,22,23)}에 비해 높게 측정되

었다.

계란의 수소이온농도의 변화는 계란 내부의 CO₂ 가스가 세공을 통해 외부로 방출되면서 중탄산염 이온이 감소하고 탄산염 이온이 증가함으로써 단백질과 평형을 이룬다. 즉, 온도가 높을수록 계란내에 이산화탄소가 난각을 통해 외부로 방출이 심하며, 따라서 급격히 pH가 저하된다. 그러므로 pH는 계란의 초기 신선도를 판단 할 때 좋은 품질지표로 이용된다^{2,24)}.

계란의 pH는 산란 직후 난백은 7.5~7.6으로 산란 초기에 급격히 증가하여 9.5~9.7까지 상승하며, 난황은 pH 6.0에서 서서히 증가한다는 보고^{14,23,24)}와 본 검사 결과가 일치하였으나 일부 보고^{19,21,25)}는 차이가 있었다. 이와 같은 차이는 공시재료 선택을 산란직후의 신선란을 취하지 않아 초기 pH가 높으며, 산란일, 온·습도 및 보관기간에 따른 차이에 따른 결과로 생각된다.

본 조사의 보존실험에서 Haugh unit 변화는 여름철 실온 저장을 기준(온도 25℃, 상대습도 65±3%)하여 보관한 결과 3주 이후 30이하로 급격히 저하됨이 관찰되었다. 이는 하절기 실온에서 계란 유통의 최소 보관 기간이 3주임을 간접적으로 확인할 수 있었다. 여름철 실온 보관의 경우 Haugh unit 80인 계란도 4일째 이후부터는 60 이하 수준으로 급격히 떨어지는 것으로 나타났으나 냉장 저장(5℃, 40%)은 1개월 이상보관에도 60이상을 유지하는 것으로¹⁷⁾ 본 조사 결과와도 일치하였다.

산란일령이 450일령인 환우 후 생산 계란이 260일령 계란에 비해 Haugh unit저하가 관찰되어($p<0.05$) 다른 보고¹⁷⁾와 같았으며, 일반적으로 난각의 품질 등을 향상시키기 위해 강제 환우를 실시하는데 특히 18-20개월령에 1회 환우보다 14개월령과 22개월령의 2회 환우시 계란의 품질이 향상된다고 한다¹⁴⁾.

난각의 일반세균수 변화는 저장온도에 관계 없이 저하된다는 보고^{23,25)}와 일치하고 있다. 갓 산란한 계란의 난각은 거의 무균 상태이나 곧 계사의 바닥, 계분 등 집란 과정에서 오염된다. 난각 표면의 미생물은 건조한 상태에도 저항성이 강한 그람 양성균이 대부분이나 계란이 부

패하면 그람 음성균이 자라게 된다²²⁾. 난각 분리 세균은 일반적으로 *Micrococcus* spp가 주로 분리되나^{14,25)} 본 조사에서는 분리되지 않았으며, *E. coli*가 가장 많이 검출되는 등, 권²⁶⁾의 조사 결과와 유사하였다.

계란의 저장성 증진방법으로는 난각 도포법으로 계란 산란 직후 pH가 증가하지 않은 신선한 계란 표면에 광물유 등으로 피복하면 계란의 내부에서 이산화탄소와 수분이 방출되지 못하게 되어 중량 감소를 방지하며, Haugh unit의 감소를 방지할 뿐만 아니라 외부와의 차단으로 미생물의 침입을 억제된다. 저장중 기실이 커지지 않고 난중도 감소되지 않는다. 또한 저장중 습도 또한 품질변화에 중요 요인으로 습도가 낮으면 계란의 무게가 급속히 감소하고 영양성분이 변화되며, 습도가 너무 높으면 계란 표면에 곰팡이 등이 자라기 쉽다. 그러므로 저장온도 10℃ 이하, 70~80% 습도가 권장되고 있다^{19,27)}.

계란으로 인한 식중독을 예방 및 소비촉진을 위해서는 계란의 유통기한 표시의 의무화 및 냉장유통시스템 도입과 유통단계 축소와 더불어 가정에서 위생적인 취급방법으로는 계란을 깨끗하고 금이 안 간 신선한 것을 구입하고, 구입한 계란은 냉장고에 즉시 넣고 가열해서 조리할 경우는 70℃ 1분 이상 가열하며, 날로 계란을 시식할 경우는 깨어진 계란이나 금이 간 계란은 사용하지 말고 먹기 직전 껍질을 깨서 시식하며, 조리 전에 생 계란이나 조리 후에 계란 요리를 실온에 오랫동안 방치하지 말고 요리가 끝난 후에 두 시간 이내에 먹을 것 등의 위생지침을 소비자에게 홍보하여야 하는 등(구입 후 2주 이내 소비) 적극적인 소비자 교육이 필요하다 하겠다.

결 론

계란은 완전식품으로 그 가치는 품질의 신선도를 가장 중요시하고 있다. 그러나 생산에서부터 소비에 이르기까지 유통구조가 복잡하고 냉장체계가 미흡하면 계란의 신선도에 부정적인 영향을 미치게 된다. 본 실험은 유통기한 설

정 및 품질관리에 참고자료로 제시하고자 환우전(260일령), 환우 후(450일령)의 산란계에서 생산된 계란을 취하여 냉장보관(5℃, 상대습도 65±3%)과 실온보관(25℃, 상대습도 40±3%)으로 구분하여 10주간 보존실험을 실시하였다.

1. 저장기간 증가에 따른 평균 난중 감량 비율은 실온 보관 17.93%, 냉장 보관 2.56%로서 냉장 보관이 실온 보관보다 약 7배 낮은 중량 감소율을 보였다.
2. 260일령 생산 계란은 냉장보관의 경우, 난황의 pH가 6.16로부터 6.57(평균 6.65% 증가)로 난백의 pH는 7.94에서 9.03(평균 13.72% 증가)로 상승하였다. 실온보관의 경우는 난황 pH 6.16에서 6.90(평균 12.01% 증가)로 상승되었으며, 난백은 pH 7.94에서 9.54(평균 20.15% 증가)까지 상승하였다. 그러나 계란의 pH는 생산 일령에 따른 차이는 보이지 않았다.
3. 보존실험에서 10주 동안의 Haugh unit 변화는, 냉장 보관에서 260일령 생산 계란은 82.8에서 66.5로, 450일령 생산 계란은 82.1에서 64.0으로 서서히 낮아졌으나, 실온 보관은 3주 이후에 30이하로 급격히 감소하였으며, 환우 후 생산계란에서 Haugh unit 저하가 관찰되었다($p < 0.05$).
4. 난각 표면의 일반 세균수는 저장 직전 1×10^2 이었으며, 균분리 결과 *E. coli*, *Citrobacter freundii*, *Klebsiella oxytoca*, *Providencia rettgeri*, *Pontoea* spp, *Staphylococcus leutus*, *S. saprophytius* 등이 검출되었다.

참고문헌

1. 한석현. 1996. 계란의 과학과 그 이용. 선진문화사, 서울 : 111~131, 204~214.
2. 이성기. 1999. 계란과 닭고기의 과학. 유한문화사, 서울 : 15~36, 54~55.
3. 농림부. 2001. 양계산업발전 종합 대책. 21, 4.
4. 식품의약품안전청. 2000. 식중독 발생현황 통계.
5. 김영환. 2001. 무한경쟁시대 양계산업의 활

- 로모색(위생 계란 생산을 위한 HACCP 적용). 2001 한국가금학회 춘계산학협동 심포지움 Proceedings : 63~93.
6. Arnedo A, Bellido JB, Pac MR, et al. 1998. Epidemic outbreaks of salmonellosis caused by eating eggs. *Enferm Infec Microbiol Clin* 16(9) : 408~412.
 7. Henzler DJ, Kradel DC, Sischo WM. 1998. Management and environmental risk factors for *Salmonella enteritidis* contamination of eggs. *Am J Vet Res* 59(7) : 824~829.
 8. Wilson IG, Heaney JC, Powell GG. 1998. *Salmonella* in raw shell eggs in Northern Ireland : 1996-7. *Commun Dis Public Health* 1(3) : 156~160.
 9. 김정주, 문상호, 안상돈. 1999. 양계, 성공적인 경영기법. 농민신문사 : 19~31.
 10. 정민국. 2000. 유통환경 변화와 계란 유통구조의 개선방안. 양계연구(125) : 48~58.
 11. 한국소비자보호원. 1998. 계란 안전성 실태조사. 한국소비자보호원
 12. 이성모, 김혜영, 홍종해. 2001. 여성 소비자의 계란 소비형태에 관한 연구. 대한보건협회학술지 27(2) 152~162.
 13. 鶏病研究會. 1999. 鶏卵・鶏肉のサルモネラ全書- 安全な鶏卵・鶏肉の生産・流通のためのサルモネラ対策. (株)日本畜産振興會 : 88~114.
 14. Stadelman WJ, Cotterill OJ. 1995. *Egg science and technology*. 4th ed. The Haworth Press, Inc : 31, 81~85, 118, 377~403.
 15. 농림부. 2001. 축산물가공처리법.
 16. 한국양계연구소. 1999. 계란의 식품 안전성 향상. 양계연구(113) : 76~77.
 17. 한국양계연구소. 1995. 각국의 계란 품질등급. 양계연구(59) : 52~58.
 18. Chang YI 1997. Shell egg quality parameter as affected by egg size, washing and packaging treatments, and storage temperature. Ph. D. thesis in Mississippi State University. 5~41.
 19. 박영신. 1993. 계란의 난각 처리에 따른 저장성과 이화학적 특성의 변화. 세종대학교 석사학위논문.
 20. 이량우. 1979. 계란의 보존방법에 관한 연구. 건국대학교 석사학위논문.
 21. 강태항. 1981. 저장온도가 계란의 품질에 미치는 영향에 관한 연구. 건국대학교 석사학위논문.
 22. 정영희. 1995. 계란의 저장성에 미치는 Chitosan coating 효과. 효성여자대학교 석사학위논문.
 23. 박재용, 정문식. 1974. 계란저장환경이 난체에 미치는 영향에 관한 실험적 연구. 공중보건잡지 11(1) : 51~57.
 24. 中村良. 1999. 卵の科學. 朝倉書店 : 104~112.
 25. Imai C, Mowlah A, Saito J. 1986. Storage stability of Japanese quail (*Coturnix coturnix japonica*)eggs at room temperature. *Poultry Sci* 65 : 474~480.
 26. 권오필. 1998. 계란에서의 인체병원성 세균에 대한 연구. 순천향대학교 박사학위논문.
 27. Stephenson HP, Mayer RJ, Davis BM. 1999. Duck and hen egg quality trials(1) : Oiling helps duck eggs to stay fresh for more days. *World Poultry-Elsevier* 15(8) : 40~42.