

## 계란의 저장기간, 저장온도 및 암탉의 수정이 계란의 품질에 미치는 영향

석윤오<sup>1,†</sup> · 권정택<sup>2</sup>

<sup>1</sup>삼육대학교 생명자원과학부 응용동물학과, <sup>2</sup>(주)하림

### Effects of Egg Storage, Storage Temperature, and Insemination of Hens on Egg Quality

Y. O. Suk<sup>1,†</sup> and J. T. Kwon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Applied Animal Science, Division of Life Resources, Sahmyook University,  
26-21 Kongneung-Dong, Nohwon-Gu, Seoul 139-742, South Korea,

<sup>2</sup>Halim, 13-14 Ahryang-Ri, Mangsung-Meon, Iksan, Cheonbuk 570-883, South Korea

**ABSTRACT** A total of 1,200 eggs obtained from 312-day-old Hy-line Brown laying breeder hens and 319-day-old Hy-line Brown commercial laying hens (600 eggs obtained from each one) at same day were used to investigate the effects of egg storage, storage temperature, and insemination of hens on the change of albumen height, Haugh unit(HU), albumen pH, shell strength, and yolk color. Eggs were stored up to 14 days after lay at 3°C or 10°C and sampled one day after stored and then 24 hours interval. Longer periods of storage resulted in lower albumen height and HU at both storage temperatures, but in higher albumen pH. The eggs stored at 3°C were significantly ( $P<0.05$ ) higher in HU and lower in albumen pH than the ones stored at 10°C. The eggs obtained from the non-inseminated-hens were significantly ( $P<0.05$ ) higher in albumen height, HU, and albumen pH than the eggs obtained from the inseminated-hens. Whereas, the eggs obtained from the non-inseminated-hens in the mean albumen pH of eggs stored at 3°C were significantly ( $P<0.05$ ) higher than the ones obtained from the inseminated-hens, but the mean albumen pH of eggs stored at 10°C did not differ each other. The mean shell strength of the eggs obtained from the inseminated-hens was significantly ( $P<0.05$ ) stronger than that of the eggs obtained from the non-inseminated-hens at both storage temperatures. Albumen height and albumen pH were negatively correlated ( $P<0.01 \sim 0.001$ ) in both inseminated and non-inseminated-hen's egg groups. The degree of yolk colors was not significantly changed overall of the experimental periods in both storage temperatures. The study suggests that the change of egg freshness such as albumen height and HU is relatively more associated with storage period and storage temperature than insemination or non-insemination of hens.

(Key words: albumen height, Haugh unit, storage period, storage temperature, insemination)

### 서론

계란의 품질을 결정하는 데 있어서 주요한 몇 가지 계란의 형질들로는 난중, 계란의 영양성분 구성, 계란 내 이물질의 혼입 여부, 계란의 신선도 및 난각의 강도 등(Nahm, 2000)이 있으며, 계란의 가공에 있어서는 난백 : 난황의 비율도 고려해야 할 사항이다. 근본적으로 계란의 품질과는 관계가 없지만 소비자들의 선호도에 따라 난각의 색과 난황의 색도를 양계가들은 또한 고려하고 있다. 계란의 신선도를 측

정하는데 있어서 이용되는 몇 가지 기준에는 난황막의 강도, 농후난백의 높이, 하우 유니트(Haugh unit), 난백의 pH, 난황지수, 난각색의 변화, 내난각막에 알끈(chalaza)의 부착 여부 등(Haugh, 1937; Liljedahl et al., 1984; Sathe and Khan, 1995; Kirunda and McKee, 2000; Scott and Silversides, 2000; Silversides and Scott, 2001)을 들 수 있다. 농후난백의 높이는 품종 혹은 계통의 차이와 같은 유전적인 요인(Johnson and Merrit, 1955)에 의해서 크게 영향을 받는 편이지만, 닭에게 공급되는 사료의 영양성분에 의해서는 크게 영향을 받지

<sup>†</sup> To whom correspondence should be addressed : sukyo@syu.ac.kr

않는 것으로 보고(Monsey et al., 1977; Benabdeljelil and Jensen, 1990)된 일이 있으며, 농후난백의 높이에 영향을 미치는 다른 변이요인으로 계란의 저장기간과 저장온도에 관해서 보고(Baum et al., 1960; Sabrani and Payne, 1978)된 바 있다. 한편 신선난백의 pH는 7.5~7.6(Walsh et al., 1995; Brake et al., 1997) 정도이지만 계란의 저장기간이 경과함에 따라 난백의 pH도 증가되는데(Kato et al., 1979; Goodrum et al., 1989; Stern, 1991; Scott and Silversides, 2000), pH의 증가는 알부민 단백질의 미생물번식 억제 기능을 제한(Voet and Voet, 1990)하게 되어 계란의 신선도가 떨어지게 하는 원인이 되고, 이 난백의 pH 증가는 계란으로부터 CO<sub>2</sub>의 소실을 동반(Burley and Vadehra, 1989) 하게 되므로 계란의 신선도 유지를 위해 플라스틱 백에 계란을 보관하거나 계란의 표면을 여러 coating 재료들로 도포하여 난백의 pH의 상승과 CO<sub>2</sub>의 소실을 억제하기도 한다.

따라서 본 연구에서는 위에서 언급한 계란의 품질 및 계란의 신선도에 관계되는 몇 가지 요인들에 계란의 저장기간과 저장온도 외에 다른 연구자들에 의해서 보고된 바가 없는 암탉의 수정이 계란의 품질 및 계란의 신선도에 어떻게 영향을 미치는지를 조사하기 위하여 실시하였다.

## 재료 및 방법

전체 1,200개의 계란을 동일한 날짜에 312일령 Hy-line Brown 산란종계와 319일령 Hy-line Brown 실용 산란계로부터 각각 600개씩 수거하여 계란의 농후난백의 높이, 하우 유니트(Haugh unit; HU), 난백의 pH, 난각의 강도, 난황색의 변화에 계란의 저장온도(3°C 혹은 10°C), 저장기간 및 암탉의 수정이 미치는 영향을 조사하기 위하여 계란을 수거 하루가 지난 후부터 24시간 간격으로 14일간 시험하였다. 두 종류의 닭(산란종계/수정란, 실용산란계/비수정란)에서 생산된 계란을 두 개의 저장온도역으로 나누어 모두 4개의 그룹으로 분리하고, 각 그룹별로 매일 20개씩의 계란을 측정하였으며, 산란종계에서 수거한 계란 중 40개를 부화기에 입란한 후 부화 5일경에 활란하여 수정율을 조사해 본 결과 전체 40개의 계란 중 39개가 수정란(수정율; 97.5%)으로 확인되었다. 계란의 난중, 농후난백의 높이, 하우 유니트(Haugh unit; HU) 및 난황색은 계란품질측정기 EMT-5200(Robotmation Co.,

Ltd., Japan)<sup>1)</sup>으로 측정하였고, 난각의 강도는 Egg Shell Force Gauge Model-II(Robotmation Co., Ltd., Japan)로, 그리고 난백의 pH는  $\phi$  34 pH Meter(Beckman Instruments, INC., USA)<sup>2)</sup>로 측정하였다. Hy-line Brown 산란종계는 평사에서 사육하였고, Hy-line Brown 실용산란계는 케이지에서 사육하였으며, 산란종계와 실용 산란계에게 공급된 사료의 성분구성은 Table 1과 같다.

## 통계처리 및 통계모형

시험설계는 14×2×2 요인실험으로 설계하였고, SAS 프로그램(SAS Institute, 2002)을 이용하여 계란의 형질별로 계란의 저장온도 상호간에는 *t*-검정으로 5% 수준에서 유의성을 검정하였으며, 그리고 계란의 저장기간 상호간에는 5% 수준에서 LSD-검정으로 유의성검정을 하였고, 각 요인들의 상관관계의 유의성 검정은 피어슨의 상관계수를 사용하였다. 그리고 통계모형은 다음과 같다.

$$Y_{ijk} = \mu + E_i + T_j + I_k + ET_{ij} + EI_{ik} + TI_{jk} + ETI_{ijk} + \epsilon_{ijk}$$

단,  $Y_{ijk}$  = *i*번째 계란 저장기간과 *j*번째 저장온도, *k*번째 암탉의 수정유무 및 1번째 계란의 측정치

$\mu$  = 모집단의 평균효과

$E_i$  = *i*번째 계란 저장기간의 효과

$T_j$  = *j*번째 계란의 저장온도의 효과

$I_k$  = *k*번째 암탉의 수정유무의 효과

Table 1. Chemical composition of basal diet

Chemical composition	Hy-line Brown Breeder	Hy-line Brown Commercial Layer
Crude protein(%)	15.5	16.5
Ether extract(%)	4.4	3.0
Crude ash(%)	10.5	15.0
Crude fiber(%)	3.2	6.0
Ca(%)	3.0	3.5
P(%)	0.56	0.50
Lysine(%)	0.77	0.77
Methionine + cystine(%)	0.60	0.70
Methionine(%)	0.32	0.40
Carophyllred(%)	-	0.04
TME <sub>n</sub> (Kcal/kg)	2,750	2,830

1) Robotmation Co., Ltd., 2-4-2 Nihonbashi Muromachi, Chuo-Ku, Tokyo 103-0022, Japan.

2) Beckman Instruments Inc., Fullerton, CA 92634-3100, USA.

$ET_{ij}$  =  $i$ 번째 계란 저장기간과  $j$ 번째 저장온도 상호작용 효과

$EI_{ik}$  =  $i$ 번째 계란 저장기간과  $k$ 번째 암탉의 수정 유무의 상호작용 효과

$TI_{jk}$  =  $j$ 번째 계란의 저장온도와  $k$ 번째 암탉의 수정 유무의 상호작용 효과

$ETI_{ijk}$  =  $i$ 번째 계란 저장기간,  $j$ 번째 저장온도 및  $k$ 번째 암탉의 수정 유무의 상호작용 효과

$\epsilon_{ijk}$  = 임의효과

### 결과 및 고찰

#### 1. 저장온도가 계란의 형질에 미치는 영향

계란의 저장온도가 농후난백의 높이, 하우 유니트(HU), 난백의 pH, 난각의 강도 및 난황의 색도에 미치는 영향을 조사한 결과는 Table 2와 같다. 두 저장온도역인 3℃와 10℃에서 선택된 계란들의 난중간의 차이에 있어서 저장기간 14일

**Table 2.** The effects of egg storage(ES), storage temperature(T), and insemination(I) on egg traits

Item	Egg weight		Albumen height		Haugh unit		Albumen pH		Shell strength		Yolk color	
	3℃	10℃	3℃	10℃	3℃	10℃	3℃	10℃	3℃	10℃	3℃	10℃
<b>ES</b>	(g)		(mm)		(unit)				(kg/cm <sup>2</sup> )			
1d	59.2 <sup>a</sup>	58.7 <sup>a</sup>	8.10 <sup>a</sup>	7.83 <sup>a</sup>	89.6 <sup>a</sup>	88.5 <sup>a</sup>	8.88 <sup>a</sup>	8.84 <sup>a</sup>	3.65 <sup>a</sup>	3.37 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>
2d	59.4 <sup>a</sup>	59.2 <sup>a</sup>	8.17 <sup>a</sup>	7.44 <sup>b</sup>	90.0 <sup>a</sup>	86.0 <sup>b</sup>	8.80 <sup>a</sup>	8.87 <sup>a</sup>	3.50 <sup>a</sup>	3.56 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>
3d	61.7 <sup>a</sup>	58.8 <sup>b</sup>	8.01 <sup>a</sup>	7.51 <sup>a</sup>	88.0 <sup>a</sup>	86.6 <sup>a</sup>	8.92 <sup>a</sup>	9.02 <sup>b</sup>	3.65 <sup>a</sup>	3.59 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>
4d	62.2 <sup>a</sup>	58.0 <sup>b</sup>	8.11 <sup>a</sup>	7.72 <sup>a</sup>	89.0 <sup>a</sup>	86.1 <sup>a</sup>	9.06 <sup>a</sup>	9.28 <sup>b</sup>	3.77 <sup>a</sup>	3.70 <sup>a</sup>	11.1 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>
5d	58.3 <sup>a</sup>	58.5 <sup>a</sup>	8.24 <sup>a</sup>	7.60 <sup>b</sup>	91.1 <sup>a</sup>	87.4 <sup>b</sup>	8.92 <sup>a</sup>	9.26 <sup>b</sup>	3.65 <sup>a</sup>	3.74 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>
6d	61.4 <sup>a</sup>	59.0 <sup>b</sup>	7.96 <sup>a</sup>	7.26 <sup>b</sup>	88.4 <sup>a</sup>	84.9 <sup>b</sup>	8.59 <sup>a</sup>	8.91 <sup>b</sup>	3.71 <sup>a</sup>	3.78 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>
7d	58.3 <sup>a</sup>	62.7 <sup>b</sup>	7.46 <sup>a</sup>	7.58 <sup>a</sup>	86.0 <sup>a</sup>	85.6 <sup>a</sup>	8.78 <sup>a</sup>	8.90 <sup>a</sup>	3.52 <sup>a</sup>	3.80 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>
8d	58.1 <sup>a</sup>	59.4 <sup>a</sup>	7.64 <sup>a</sup>	6.90 <sup>b</sup>	87.7 <sup>a</sup>	82.7 <sup>b</sup>	8.93 <sup>a</sup>	9.18 <sup>b</sup>	3.50 <sup>a</sup>	3.94 <sup>b</sup>	10.9 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>
9d	59.5 <sup>a</sup>	60.5 <sup>a</sup>	7.37 <sup>a</sup>	7.27 <sup>a</sup>	85.6 <sup>a</sup>	84.7 <sup>a</sup>	9.09 <sup>a</sup>	9.26 <sup>b</sup>	3.84 <sup>a</sup>	3.86 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>
10d	60.3 <sup>a</sup>	62.2 <sup>a</sup>	7.46 <sup>a</sup>	7.20 <sup>a</sup>	86.1 <sup>a</sup>	83.9 <sup>a</sup>	8.87 <sup>a</sup>	8.99 <sup>b</sup>	3.37 <sup>a</sup>	3.79 <sup>b</sup>	10.8 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>
11d	62.6 <sup>a</sup>	58.8 <sup>b</sup>	7.38 <sup>a</sup>	6.94 <sup>a</sup>	84.4 <sup>a</sup>	83.2 <sup>a</sup>	9.01 <sup>a</sup>	9.16 <sup>b</sup>	3.58 <sup>a</sup>	3.58 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>	10.6 <sup>a</sup>
12d	61.3 <sup>a</sup>	61.5 <sup>a</sup>	7.78 <sup>a</sup>	6.97 <sup>b</sup>	85.7 <sup>a</sup>	82.2 <sup>a</sup>	9.01 <sup>a</sup>	9.21 <sup>b</sup>	3.71 <sup>a</sup>	4.19 <sup>b</sup>	11.0 <sup>a</sup>	11.0 <sup>a</sup>
13d	60.1 <sup>a</sup>	62.0 <sup>b</sup>	7.62 <sup>a</sup>	7.20 <sup>a</sup>	86.8 <sup>a</sup>	83.5 <sup>a</sup>	9.02 <sup>a</sup>	9.17 <sup>b</sup>	3.88 <sup>a</sup>	3.91 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>	10.7 <sup>a</sup>
14d	60.5 <sup>a</sup>	62.2 <sup>b</sup>	7.31 <sup>a</sup>	6.78 <sup>a</sup>	84.7 <sup>a</sup>	80.4 <sup>b</sup>	9.08 <sup>a</sup>	9.31 <sup>b</sup>	3.70 <sup>a</sup>	3.72 <sup>a</sup>	10.9 <sup>a</sup>	10.8 <sup>a</sup>
Mean	60.2	60.1	7.76	7.30	87.4	84.7	8.93	9.10	3.64	3.75	10.9	10.8
SEM	0.17 <sup>a</sup>	0.16 <sup>a</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.06 <sup>b</sup>	0.31 <sup>a</sup>	0.36 <sup>b</sup>	0.01 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.03 <sup>a</sup>	0.04 <sup>b</sup>	0.10 <sup>a</sup>	0.10 <sup>a</sup>
<b>I</b>												
EI	59.2 <sup>x</sup>	60.0 <sup>x</sup>	7.63 <sup>x</sup>	7.14 <sup>x</sup>	86.8 <sup>x</sup>	83.9 <sup>x</sup>	8.84 <sup>x</sup>	9.08 <sup>x</sup>	3.90 <sup>x</sup>	3.96 <sup>x</sup>	8.5 <sup>x</sup>	8.4 <sup>x</sup>
EN	61.3 <sup>y</sup>	60.2 <sup>x</sup>	7.89 <sup>y</sup>	7.46 <sup>y</sup>	87.9 <sup>x</sup>	85.5 <sup>y</sup>	9.02 <sup>y</sup>	9.11 <sup>x</sup>	3.39 <sup>y</sup>	3.55 <sup>y</sup>	13.3 <sup>y</sup>	13.2 <sup>y</sup>
<b>Source of variation</b>	<b>P</b>											
ES	0.0001		0.0001		0.0001		0.0001		0.0093		0.0126	
T	0.6267		0.0001		0.0001		0.0001		0.0254		0.0283	
I	0.0001		0.0002		0.0100		0.0001		0.0001		0.0001	
ES × T	0.0001		0.6566		0.8562		0.0001		0.1311		0.2453	
ES × I	0.0001		0.2997		0.6456		0.0057		0.6240		0.1952	
T × I	0.0001		0.7054		0.6079		0.0001		0.2789		0.7437	
ES×T×I	0.0001		0.6197		0.8385		0.0008		0.7379		0.5461	

EI = Eggs obtained from the inseminated hens. EN = Eggs obtained from the non-inseminated hens.

<sup>a,b</sup> Means between storage temperatures in each egg trait at same egg storage without common superscripts are significantly different at P<0.05.

<sup>x,y</sup> Means between inseminated hen and non-inseminated hen-group eggs at same storage temperature without common superscripts are significantly different at P<0.05.

중 절반인 7일만이 유의한 차이( $P < 0.05$ )를 나타내었지만, 산란실용계와 산란중계로부터 각각 600개씩 수거한 계란들 중 각각 1일 40개씩 무작위로 선택하여 조사하였기 때문에 두 온도역 간에 나타났던 통계적인 유의성에 대해서는 특별한 의미가 있는 것은 아닌 것으로 보여진다. 농후난백의 높이에 있어서 저장기간 14일 중 13일은 3°C에서 저장된 계란들의 평균농후난백의 높이가 10°C에서 저장된 계란들의 평균농후난백의 높이보다 더 높았고, 적어도 이들 중 5일간은 통계적으로도 유의하게( $P < 0.05$ ) 더 높은 것으로 나타났다. 저장기간 7일째에 조사된 평균농후난백의 높이에 있어서 10°C 그룹이 3°C 그룹보다 0.12 mm 정도 더 높았지만 유의한 차이는 아니었다. 그리고 전체 평균 농후난백의 높이는 3°C 그룹이 10°C 그룹보다 0.46 mm 정도 유의하게( $P < 0.05$ ) 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 하정기 등(2002)이 15°C, 20°C, 25°C 및 30°C에서 계란을 저장했을 때 저장기간이 경과함에 따라 저장온도가 높을수록 농후난백 높이의 감소 폭은 더 컸다고 한 것과 같은 경향을 나타내고 있으며, 또한 Walsh et al.(1995)이 계란을 7일간 혹은 14일간 동안 12.8°C와 23.9°C에 저장했을 때 평균 농후난백의 높이는 12.8°C 그룹이 7.5 mm였고, 23.9°C 그룹은 6.1 mm로 12.8°C 그룹이 23.9°C 그룹보다 1.4 mm 정도 유의하게( $P < 0.05$ ) 더 높은 것으로 보고하고 있어 본 연구의 결과와 유사함을 보여주고 있다.

평균 HU에 있어서 3°C 그룹의 계란들은 10°C 그룹의 계란들보다 14일 모두 더 높았고, 적어도 저장기간 중 5일간은 유의하게( $P < 0.05$ ) 더 높았을 뿐만 아니라, 전체 평균 HU에 있어서도 3°C 그룹은 10°C 그룹보다 2.9 units 정도 더 높은 것( $P < 0.05$ )으로 나타났다. 이러한 본 연구의 결과는 Stadelman and Cotterill(1986)이 계란을 10°C와 16°C에서 10일간 저장했을 때 HU는 각각 69 및 49 unit로서 저장온도가 높을수록 HU는 크게( $P < 0.05$ ) 낮았다는 보고와 일치하고, Sabrani and Payne(1978)도 계란의 저장온도가 HU에 미치는 영향을 조사한 결과, 본 연구의 결과와 같은 경향이 있음을 발견하였다.

한편 난백의 pH는 전체 저장기간 14일 중에 11일만이 3°C 그룹보다 10°C 그룹이 유의하게( $P < 0.05$ ) 더 높은 것으로 나타났으며, 전체 평균 난백의 pH도 3°C 그룹은 8.93이었고, 10°C 그룹은 9.10으로 10°C 그룹이 3°C 그룹보다 유의하게( $P < 0.05$ ) 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Walsh et al.(1995)이 육용종계(Arbor Acres종)의 계란을 12.8°C와 23.9°C에서 보관했을 때 평균 농후난백의 pH는 각각 8.1 및 8.2로서 저장온도 간에 별 차이가 없었다는 보고와는 대조적인

데 이러한 차이의 이유로 Walsh et al.(1995)은 농후난백만의 pH를 측정할 반면에, 본 연구에서는 수양성난백과 농후난백을 잘 교반하여 난백 전체의 pH를 측정하였기 때문에 그들의 결과와 차이가 난 것으로 보인다. 그러나 Goodrum et al.(1989)은 계란의 저장온도가 높아지면 급격하게 난백의 pH는 증가된다고 보고하였다. 따라서 계란의 저장온도의 상승에 의해서 난백의 pH는 증가하는 것으로 사료된다.

난각의 강도는 저장기간 처음 4일간은 3°C 그룹과 10°C 그룹 간 차이에 있어서 일정한 경향을 나타내지 않았지만, 저장 5일째부터는 일관되게 10°C 그룹의 난각강도가 3°C 그룹의 난각강도보다 더 강한 것으로 나타났으며, 전체 평균 난각강도에 있어서도 10°C 그룹의 계란들이 3°C 그룹의 계란들 보다 유의하게( $P < 0.05$ ) 더 강한 것으로 나타났다. 한편 계란의 저장온도가 난각의 강도에 미치는 영향에 관한 연구 보고가 없어 본 연구의 결과와 직접 비교하기는 곤란하나, 10°C에서 계란을 저장할 경우 계란의 내용물의 물리화학적 변화가 3°C에서 저장했을 경우보다 더 빠르게 일어남으로 수분의 소실량이 더 많은 10°C 그룹의 계란의 난각강도가 더 강하게 나타난 것으로 사료된다.

한편 난황의 색도 변화에 있어서는 저장온도 간에 유의한 차이는 발견되지 않았으며, 또한 계란의 저장온도가 난황색도의 변화에 미치는 영향에 관하여 이전에 보고된 내용이 없어 본 연구의 결과와 비교할 수 없었다. 결론적으로 계란의 저장온도가 높을수록 농후난백의 높이와 HU는 감소하는 반면에, 난백의 pH와 난각의 강도는 더 증가되는 것으로 사료된다.

## 2. 저장기간이 계란의 신선도 변화에 미치는 영향

농후난백의 높이, 하우 유니트(HU) 및 난백의 pH에 계란의 저장온도별로 저장기간의 경과에 따른 변화의 추이는 각각 Fig. 1, 2 및 3에 나타나 있는 바와 같이 3°C에서 저장한 계란의 경우 농후난백의 높이는 저장기간 1일이 경과한 후에 8.10 mm이었던 것이 저장기간 6일이 지나면서 8.0 mm 이하로 감소되었으며, 저장기간 14일이 지났을 때는 저장 하루가 지났을 때보다 0.79 mm 정도 유의하게( $P < 0.05$ ) 낮아진 것으로 나타났고, 10°C에서 저장된 계란의 경우는 농후난백의 높이가 저장 1일 후와 저장기간 14일이 경과되었을 때의 차이가 무려 1.05 mm 정도 낮아졌다( $P < 0.05$ ). 저장기간의 경과에 따라 농후난백의 높이가 감소되는 경향은 이전의 다른 연구자(Heath, 1977; Ahn et al., 1999; Silversides and Scott, 2001; 하정기 등, 2002)들의 실험 결과들에서도 확인된 바 있다.

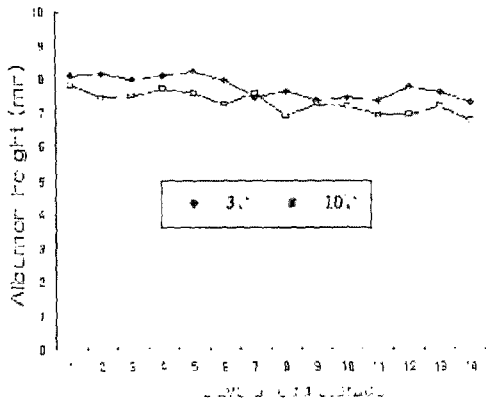


Fig. 1. The effect of egg storage and storage temperature on albumen height.

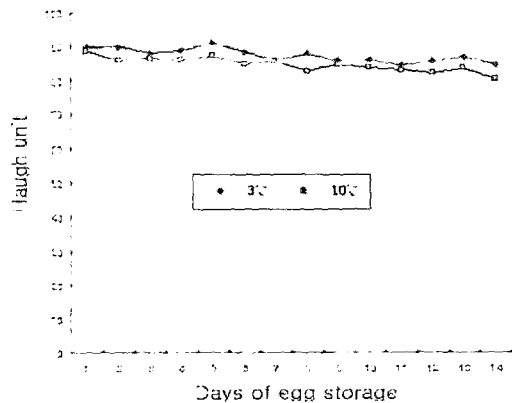


Fig. 2. The effect of egg storage and storage temperature on Haugh unit.

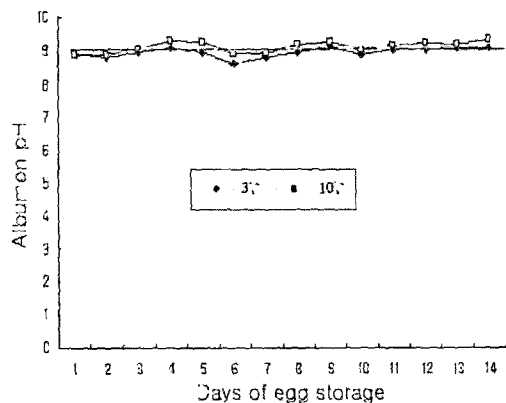


Fig. 3. The effect of egg storage and storage temperature on albumen pH.

그리고 14일간의 저장기간 중에 난백의 HU도 저장 1일 후에 비해서 저장온도 3°C와 10°C 그룹은 각각 4.9 및 8.1

unit 정도 감소된 것으로 나타났으며, 이는 Baum et al.(1960) 이 HU가 10°C에서 10일간 계란을 보관했을 때 시작시 HU는 80 unit에서 종료시에는 70 unit로 저장기간 매 1일마다 평균 1 unit씩 감소하는 것을 확인한 것과 유사한 결과였다. 저장기간의 경과에 따라 HU의 감소 경향은 다른 연구자들(Wong et al., 1996; 하정기 등, 2002)에 의해서도 지적된 바 있어 계란의 저장기간에 대한 HU의 변화에 대한 본 연구의 결과와 차이가 없음을 알 수 있다.

한편 난백의 pH는 계란 저장기간 14일 동안 3°C 그룹은 0.20 정도, 그리고 10°C 그룹은 0.47 정도 증가되어 저장 1일 후에 비해서 저장기간 14일이 경과했을 때 난백의 pH는 두 온도역 모두 유의하게( $P < 0.05$ ) 증가하는 것으로 나타났다. 저장기간 14일이 경과했을 때 난백의 pH가 3°C 그룹은 9.08, 그리고 10°C 그룹은 9.31로서 평균 pH는 9.20이었던 것에 비해서, Walsh et al.(1995)이 12.8°C와 23.9°C에서 14일간 보관시에 평균 난백의 pH가 8.9였다고 보고한 것에 비하면 다소 높지만, Kosin and Konishi(1973) 및 Dawes(1975)가 보고한 9.50 보다는 낮게 나타났다. 본 연구의 결과와 다른 연구자들의 결과 간에 차이가 있는 것은 계란집란시 환경온도에 의한 영향과 실험에 이용된 계종의 차이(Washburn, 1990)에 의해서 기인된 것으로 사료된다. 따라서 계란의 저장기간의 경과에 따라 농후난백의 높이와 난백의 HU는 감소되는 반면에, 난백의 pH는 증가하는 것을 알 수 있다.

### 3. 암탉의 수정이 계란의 신선도에 미치는 영향

농후난백의 높이, 하우 유닛(HU) 및 난백의 pH와 같은 계란의 신선도에 계란의 저장기간과 암탉의 수정이 미치는 영향에 관하여 조사한 결과는 Table 3에 나타나 있는 바와 같다. 농후난백의 높이에 있어서 수정란의 경우 계란을 저장한 후 하루가 경과되었을 때 7.89 mm로 가장 높았고, 저장 10일이 경과하면서 부터는 저장 1일이 지났을 때보다 적어도 0.5 mm 이상 낮아져 실험 종료시기인 14일간 저장시에는 6.58 mm로 농후난백의 높이가 현저히( $P < 0.05$ ) 낮아짐(1.31 mm)을 알 수 있었다. 또한 비수정란의 경우도 저장 1일이 경과했을 때 농후난백의 높이가 8.04 mm였던 것이 저장 6일이 경과했을 때부터는 7.78 mm 이하로 낮아졌고, 저장기간이 14일 경과했을 때는 7.51 mm로서 저장기간이 경과할수록 농후난백의 높이가 점점 낮아질 뿐만 아니라, 그 변화의 폭은 14일 동안 0.55 mm 정도의 변화가 있어 수정란이 비수정란보다 두 배 이상 큰 것으로 나타났다. HU의 경우 수정란은 저장 하루가 경과되었을 때 88.5 unit였고, 저장 14일 경과 시에는 80.6 unit로 크게( $P < 0.05$ ) 낮아졌으며, 비수정란의

**Table 3.** The effects of egg storage and insemination of hen on egg freshness (Mean±SD)

Storage Time(day)	Albumen height(mm)		Haugh unit(unit)		Albumen pH	
	EI	EN	EI	EN	EI	EN
1	7.89±1.46 <sup>x</sup>	8.04±1.54 <sup>wx</sup>	88.5±7.81 <sup>x</sup>	89.6±7.82 <sup>vw</sup>	8.78±0.11 <sup>y</sup>	8.94±0.11 <sup>xy</sup>
2	7.69±1.30 <sup>xy</sup>	7.93±1.63 <sup>wx</sup>	87.5±7.73 <sup>xy</sup>	88.5±9.08 <sup>vwx</sup>	8.86±0.12 <sup>wx</sup>	8.81±0.47 <sup>z</sup>
3	7.52±1.36 <sup>xyz</sup>	8.00±1.20 <sup>wx</sup>	86.6±7.16 <sup>xyz</sup>	88.0±8.33 <sup>vwnxy</sup>	8.92±0.23 <sup>vw</sup>	.03±0.13 <sup>wx</sup>
4	7.60±1.27 <sup>xyz</sup>	8.22±1.52 <sup>w</sup>	87.0±7.35 <sup>xyz</sup>	88.1±14.97 <sup>vwnxy</sup>	9.12±0.21 <sup>qr</sup>	9.22±0.14 <sup>uv</sup>
5	7.84±1.20 <sup>x</sup>	8.00±1.57 <sup>wx</sup>	88.6±6.69 <sup>x</sup>	89.9±7.59 <sup>v</sup>	8.99±0.30 <sup>uvw</sup>	9.20±0.11 <sup>uv</sup>
6	7.44±1.61 <sup>xyz</sup>	7.78±1.16 <sup>wxy</sup>	85.4±8.81 <sup>wyz</sup>	87.9±7.25 <sup>vwnxy</sup>	8.69±0.26 <sup>z</sup>	8.81±0.21 <sup>z</sup>
7	7.48±1.32 <sup>xyz</sup>	7.55±1.43 <sup>xyz</sup>	86.1±7.36 <sup>xyz</sup>	85.5±8.38 <sup>xyz</sup>	8.78±0.21 <sup>xy</sup>	8.90±0.61 <sup>y</sup>
8	7.09±1.10 <sup>wz</sup>	7.44±1.16 <sup>xyz</sup>	83.7±7.11 <sup>uvz</sup>	86.6±6.83 <sup>vwnxyz</sup>	8.97±0.22 <sup>uv</sup>	9.14±0.11 <sup>uv</sup>
9	7.45±1.22 <sup>xyz</sup>	7.18±1.24 <sup>yz</sup>	85.8±7.15 <sup>xyz</sup>	84.5±7.58 <sup>yz</sup>	9.11±0.14 <sup>qr</sup>	9.24±0.09 <sup>u</sup>
10	7.34±1.11 <sup>xyz</sup>	7.32±1.25 <sup>yz</sup>	85.4±6.87 <sup>uvxyz</sup>	84.6±8.42 <sup>yz</sup>	8.89±0.11 <sup>wx</sup>	8.97±0.08 <sup>xy</sup>
11	7.20±1.38 <sup>yz</sup>	7.13±1.08 <sup>z</sup>	84.2±9.33 <sup>uvyz</sup>	83.5±7.14 <sup>z</sup>	9.01±0.20 <sup>stu</sup>	9.16±0.21 <sup>uv</sup>
12	7.12±1.26 <sup>wxyz</sup>	7.63±1.16 <sup>wxyz</sup>	81.9±14.68 <sup>uv</sup>	86.0±7.16 <sup>wxyz</sup>	9.09±0.12 <sup>qrs</sup>	9.13±0.12 <sup>vw</sup>
13	7.11±1.28 <sup>wz</sup>	7.72±1.59 <sup>wxyz</sup>	84.0±7.89 <sup>uvyz</sup>	86.3±8.85 <sup>vwnxyz</sup>	9.06±0.11 <sup>rst</sup>	9.13±0.09 <sup>vw</sup>
14	6.58±1.33 <sup>w</sup>	7.51±1.60 <sup>xyz</sup>	80.6±8.39 <sup>v</sup>	84.5±9.68 <sup>yz</sup>	9.15±0.18 <sup>q</sup>	9.24±0.16 <sup>u</sup>
Mean	7.38±1.33 <sup>a</sup>	7.67±1.40 <sup>b</sup>	85.4±8.59 <sup>a</sup>	86.7±8.85 <sup>b</sup>	8.96±0.23 <sup>a</sup>	9.07±0.28 <sup>b</sup>

EI = Eggs obtained from the inseminated hens. EN = Eggs obtained from the non-inseminated hens.

<sup>qz</sup> Means among storage periods at same column without common superscripts are significantly different at P<0.05.

<sup>ab</sup> Means between inseminated hen and non-inseminated hen-group eggs in each egg trait without common superscripts significantly differ at P<0.05.

경우도 저장 1일 경과 시 HU가 89.6 unit였던 반면에, 저장 14일 경과 시에는 84.5 unit로 유의하게(P<0.05) 낮아져 수정란과 비수정란 모두 HU는 계란의 저장기간과 밀접한 관련이 있고, 농후난백의 높이와 마찬가지로 HU의 변화폭은 수정란이 비수정란보다 더 큰 것을 알 수 있었다. 난백의 pH는 수정란과 비수정란 모두 농후난백의 높이와 HU와는 반대로 계란의 저장기간과 정비례하여 증가되는 것으로 나타났으며, 14일간의 HU의 변화처럼 수정란이 비수정란보다 변화의 폭이 더 컸다.

수정란 : 비수정란의 전체 평균 농후난백의 높이, 난백의 HU 및 난백의 pH는 각각 7.38 : 7.67 mm, 85.4 : 86.7 unit 및 8.96 : 9.07로서 모두 비수정란이 수정란보다 유의하게(P<0.05) 더 높은 것으로 나타났다. 농후난백의 높이, HU 및 난백의 pH의 변화에 암탉의 수정 유무가 어떻게 영향을 미치는지에 대한 다른 연구자들의 보고가 없어 본 연구의 결과와 직접 비교하기는 어렵지만, 암탉의 수정 유무가 계란의 신선도에 관계되는 형질들에 유의하게 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 다만 저장온도 혹은 저장기간에 따라 농후난백의 높이와 HU가 높을 경우 난백의 pH는 반대로 낮은

경향이 있었던 것과 대조적으로 비수정란이 수정란보다 농후난백의 높이와 HU 뿐만 아니라 난백의 pH도 유의하게(P<0.05) 높았다. 이러한 결과에 대한 이유는 저장기간 14일간의 난백의 pH 변화는 수정란이 0.46이었고, 비수정란은 0.43으로 변화의 폭이 크게 차이가 없었던 반면에, 비수정란의 신선란 난백의 pH가 수정란의 그것보다 0.16 정도 높았기 때문인 것으로 사료된다.

저장온도별로 암탉을 수정하여 얻은 계란(EI)과 암탉을 수정하지 않고 얻은 계란(EN)간에 비교한 결과(Table 2), 3°C에서 저장된 EN-그룹의 계란들이 EI-그룹의 계란들보다 평균 농후난백의 높이와 HU는 각각 0.26 mm 및 1.1 unit 정도 더 높았으나, 통계적인 유의성(P<0.05)은 농후난백의 높이에서만 발견되었다. 그리고 10°C에서 저장된 계란들 간에 비교해 보면, EN-그룹의 계란들은 EI-그룹의 계란들보다 평균 농후난백의 높이, HU 및 난백의 pH는 각각 0.32 mm, 1.6 unit 및 0.03정도 더 높았으나 평균난백의 높이와 HU에서만 통계적인 유의차(P<0.05)가 나타났었다. 이러한 본 연구의 결과들은 평균 난백의 pH는 농후난백의 높이와 HU가 높은 계란들이 난백의 pH는 유의하게 더 낮다는 다른 연구자들의

보고들(Walsh et al., 1995; Kirunda and McKee, 2000; Silver-sides and Budgell, 2004)과는 대조적으로 EN-그룹의 계란들이 EI-그룹 계란들보다 0.18 정도 유의하게( $P<0.05$ ) 더 높은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 아마도 닭의 사육방식에 의해서 영향을 받은 것이 아닌가 사료된다.

3°C에서 저장된 EI-그룹의 계란들이 평균 난각의 강도는 EN-그룹의 계란들보다 0.51 kgf 정도 더 높은 것( $P<0.05$ )으로 나타났는 바, 평사에서 사육된 EI-그룹의 계란들이 케이지에서 사육된 계란들보다 난각강도가 더 강하다는 것을 의미하고 있다. 그리고 10°C에서 저장된 계란들의 경우의 난

각강도는 3°C에서 비교되었던 결과들과 유사한 경향이 있었다. 석윤오(2002)의 보고에 의하면, 평사에서 사육된 Hy-line Brown종의 53~56주령간의 평균 난각 두께는 0.42 mm였다고 하였다. 반면에, 임희석 등(2002)은 케이지에서 사육한 71주령 ISA-Brown종의 평균 난각두께는 0.39 mm였었다고 보고한 바 있으며, Hamilton et al.(1979)은 닭의 나이가 증가할수록 난각의 두께는 더 두꺼워졌다고 보고한 것을 고려해 볼 때 케이지에서 사육한 닭보다는 평사에서 사육한 닭에서 생산한 계란의 난각두께는 더 두껍고, 난각강도는 더 강함을 짐작할 수 있다. 따라서 평사사육에서 얻은 수정란(EI)의 난

**Table 4.** Correlation coefficients(r) between measures of albumen quality and egg weight

Storage time		EI			EN		
		pH	SST	EW	pH	SST	EW
1d	AH	-0.254	-0.063	0.370*	-0.170	0.078	0.170
	pH	-	-0.064	0.281	-	0.161	-0.019
2d	AH	-0.149	0.015	0.008	-0.030	-0.063	0.279
	pH	-	0.005	0.187	-	-0.300	0.069
3d	AH	-0.316*	-0.284	0.332*	-0.459**	-0.081	0.384*
	pH	-	0.120	-0.152	-	0.224	-0.230
4d	AH	0.017	-0.054	0.208	-0.400*	-0.047	0.350*
	pH	-	0.176	-0.400*	-	0.176	-0.676***
5d	AH	-0.400**	0.181	0.043	-0.210	0.109	0.054
	pH	-	0.002	-0.042	-	0.163	-0.111
6d	AH	-0.122	-0.150	0.264	-0.271	0.006	0.183
	pH	-	0.068	-0.256	-	-0.056	-0.308
7d	AH	-0.121	0.319*	0.201	-0.241	0.026	0.158
	pH	-	-0.050	0.310	-	-0.002	-0.058
8d	AH	-0.253	-0.134	0.016	-0.573	-0.088	0.280
	pH	-	0.377*	0.158	-	0.364*	-0.296
9d	AH	-0.251	0.025	0.115	-0.157	-0.153	0.311*
	pH	-	0.033	-0.234	-	-0.051	0.120
10d	AH	0.102	-0.014	0.117	0.096	0.028	-0.018
	pH	-	0.165	0.117	-	0.523***	-0.236
11d	AH	-0.250	-0.148	0.165	0.268	0.311*	0.060
	pH	-	0.328*	-0.375*	-	0.384*	-0.105
12d	AH	-0.473*	-0.169	-0.011	-0.227	-0.103	0.208
	pH	-	0.147	-0.019	-	0.257	0.010
13d	AH	-0.264	0.081	0.240	-0.125	0.266	0.180
	pH	-	0.006	0.045	-	0.030	0.167
14d	AH	-0.402**	0.006	0.080	-0.019	-0.038	0.125
	pH	-	0.061	0.264	-	0.157	-0.047
Total	AH	-0.245***	0.042	0.153***	-0.123**	-0.006	0.111**
	pH	-	0.142***	-0.068	-	0.077	-0.025

EI = Eggs obtained from the inseminated hens. EN = Eggs obtained from the non - inseminated hens. AH= Albumen height; pH= Albumen pH; SST= Shell strength; EW= Egg weight.

\* $P<0.05$ , \*\* $P<0.01$ , \*\*\* $P<0.001$ .

각강도가 케이지에서 사육한 비수정란(EN)의 난각강도보다 더 강했다는 본 연구의 결과는 다른 연구자들의 연구 결과들과 같은 경향이 있음이 확인되었다.

#### 4. 계란의 형질에 대한 계란의 저장기간, 저장온도 및 암탉의 수정이 미치는 상호작용 효과

난중, 농후난백의 높이, 하우 유니트(HU), 난백의 pH, 난각의 강도 및 난황의 색에 계란의 저장기간(ST), 저장온도(T) 및 암탉의 수정(I)이 미치는 직접적인 효과와 이들 요인 상호간 상호작용 효과를 분석해 본 결과(Table 2), 난중에 대한 저장온도의 효과를 제외하고는 위의 3가지 요인들이 계란의 형질에 크게 영향( $P<0.0001\sim0.0283$ )을 미치는 것으로 조사되었다. 한편, 위의 계란형질들 중 난중과 난백의 pH에 1차 상호작용 효과( $ST\times T$ ,  $ST\times I$ ,  $T\times I$ ) 및 2차 상호작용 효과( $ST\times T\times I$ )가 유의하게( $P<0.0001\sim0.0057$ ) 높게 나타났을 뿐 다른 형질들에서는 상호작용 효과는 크지 않았다. 이러한 결과는 Scott and Silversides(2000)가 계란의 저장기간은 난중, 농후난백의 높이 및 난백의 pH 및 난각의 비율(%)에 통계적으로 유의한 효과( $P<0.01$ )가 있었다고 보고한 것과 같으며, Walsh et al.(1995)도 난백의 pH에 대해서도 계란의 저장기간  $\times$  저장온도 상호간에 유의한 상호작용 효과가 있었다고 하여 본 연구의 결과와 같은 경향이 있음이 확인되었다. 따라서 농후난백의 높이 및 HU에 계란의 저장기간, 저장온도 및 암탉의 수정 유무가 주요한 영향을 미치는 요인이며, 난백의 pH는 이들 주 요인들 외에 이들 주 요인 상호간에 1차 및 2차 상호작용 효과가 있는 것으로 보인다.

#### 5. 난백의 형질 상호간 및 난중과의 상관관계

농후난백의 높이, 난각의 강도, 난백의 pH 및 난중 상호간 상관관계에 대한 결과는 Table 4와 같다. 수정란의 경우 농후난백의 높이와 난백의 pH 상호간에 전체적으로 부(-)의 상관관계를 나타냈으며, 또한 계란 저장기간 14일 가운데 저장 3일 후( $P<0.05$ ), 5일 후( $P<0.01$ ), 12일 후( $P<0.01$ ) 및 14일 후( $P<0.01$ )에 유의한 상관관계를 나타냈다. 농후난백의 높이와 난백의 pH 상호간 전체평균 상관관계( $r = -0.245$ )는 매우 높은 것( $P<0.001$ )으로 나타났다. 그리고 농후난백의 높이와 난중간에도 전체평균 상관관계수는 고도의 유의한( $P<0.001$ ) 정(+) 상관관계를 나타냈으나, 농후난백의 높이와 난각강도 간에는 대체로 상관관계가 낮은 것으로 조사되었다. 비수정란의 경우에 있어서도 농후난백의 높이와 난백의 pH, 농후난백의 높이와 난중 및 농후난백의 높이와 난각강도 간에 수정란과 같은 경향을 나타내었다. 한편 난백의 pH

와 난각강도 상호간 상관관계는 수정란에서는 고도의 유의한( $P<0.001$ ) 정(+) 상관관계를 나타내었던 반면에, 비수정란의 경우는 그렇지 못하였다.

Scott and Silversides(2000)가 ISA-Brown종과 ISA-White종에 관해서 계란의 형질 상호간 상관관계를 조사한 결과에 의하면, 두 계종 모두 농후난백의 높이 $\times$ 난백의 pH는 상관관계수( $r$ )가  $-0.81\sim-0.82$ ( $P<0.01$ )로서 본 연구의 결과보다는 상관관계수의 크기가 상당히 큰 것으로 나타났지만 유의한 경향은 같았고, 농후난백의 높이 $\times$ 난중 간의 상관관계수( $r$ )는 두 계종 모두  $0.15$ ( $P<0.01$ )로서 본 연구 결과의 그것과 그 크기( $r=0.111\sim0.153$ ,  $P<0.001\sim0.01$ )가 비슷하였다. 또한 Silversides and Budgell(2004)은 갈색 Leghorn, ISA-Brown 및 Babcock에서 생산된 계란으로 측정한 농후난백의 높이 $\times$ 난백의 pH의 상관관계수( $r$ )는 각각  $-0.83$ ,  $-0.62$  및  $-0.88$ 로서 모두 통계적으로 유의한( $P<0.01$ ) 상관관계가 있음을 확인하였다. 따라서 농후난백의 높이와 난백의 pH간에는 부(-)의 상관관계가 있으며, 농후난백의 높이와 난중간에는 정(+) 상관관계가 있는 것으로 사료된다.

## 적 요

312일령 Hy-line Brown 산란종계와 319일령 Hy-line Brown 산란실용계로부터 같은 날에 생산한 계란을 각각 600개씩 수거하여 계란의 저장기간, 저장온도 및 암탉의 수정 유무가 농후난백의 높이, 하우 유니트, 난백의 pH, 난각강도 및 난황색에 미치는 영향을 조사하기 위하여 계란을 3°C 혹은 10°C에서 14일간 저장하고, 계란 생산 하루가 지난 다음부터 24시간 간격으로 계란 형질들을 측정하였다. 농후난백의 높이와 HU는 저장온도에 관계없이 저장기간이 경과할수록 감소되는 경향이 있었던 반면에, 난백의 pH는 반대로 증가하는 경향이 있었다. 일반적으로 3°C에서 저장되었던 계란들은 10°C에서 저장된 계란들보다 HU는 더 높게 나타났던 반면에, 난백의 pH는 더 낮은 것으로 나타났다. 한편 통계적으로 유의한 차이는 아니었지만, 비수정란은 수정란에 비해서 저장온도에 관계없이 농후난백의 높이 및 HU는 유의하게( $P<0.05$ ) 더 높은 것으로 나타났고, 3°C에서 저장된 계란들의 난백의 pH는 비수정란이 수정란보다 더 높았으나( $P<0.05$ ), 10°C에서 저장된 계란들의 경우는 수정란과 비수정란 간에 별 차이가 없었다. 난각의 강도는 수정란이 비수정란보다 두 온도역 모두 유의하게( $P<0.05$ ) 더 컸었다. 그리고 농후난백의 높이와 난중 상호간에 수정란과 비수정란 모



두 고도의 유의한( $P < 0.01 \sim 0.001$ ) 정(+) 상관관계가 있었고, 농후난백의 높이와 난백의 pH는 부(-)의 상관관계( $P < 0.01 \sim 0.001$ )가 있었으나, 농후난백의 높이와 난각강도 상호간에는 두 그룹 모두 부(-)의 상관관계를 나타냈지만 유의하지는 않았다. 수정란의 경우 난백의 pH와 난각강도 상호간에 높은 부(-)의 상관관계( $P < 0.001$ )가 있었으나, 비수정란의 경우는 이들 형질 상호간에 상관관계가 낮았다. 이상의 결과를 종합해 보면, 농후난백의 높이 혹은 HU와 같은 계란의 신선도 변화에 있어서 상대적으로 암탉의 수정 유무보다는 저장기간과 저장온도가 더 중요한 요인인 것으로 사료되며, 일반적으로 저장온도가 낮을수록 HU는 증가되는 반면에, 난백의 pH는 반대로 감소되는 경향이 있는 것으로 보여진다.

(색인어: 저장기간, 저장온도, 어미닭의 수정, 하우 유니트, 계란의 신선도)

### 인용문헌

- Ahn DU, Sell JL, Jo C, Chamrusspollert M, Jeffrey M 1999 Effect of dietary conjugated linoleic acid on the quality characteristics of chicken eggs during refrigerated storage. *Poultry Sci* 78:922-928.
- Baum EL, Stadelman WJ, Walkup HG, Darroch JG 1960 An economic analysis of egg quality changes as influenced by time and temperature. *Technical Bulletin* 35. Washington State University, Pullman, WA.
- Benabdeljelil K, Jensen LS 1990 Effectiveness of ascorbic acid and chromium in counteracting the negative effects of dietary vanadium on interior egg quality. *Poultry Sci* 69: 781-786.
- Burley RW, Vadehra DV 1989 *The Avian Egg: Chemistry and Biology*. John Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- Dawes CM 1975 Acid-base relationships within the avian egg. *Biol Rev* 50:351-371.
- Goodrum JW, Britton WM, Davis JB 1989 Effect of storage condition on albumen pH and subsequent hard-cooked egg peelability and albumen shear strength. *Poultry Sci* 68: 1226-1231.
- Hamilton RMG, Thompson BK, Voisey PW 1979 The effects of age and strain on the relationship between destructive and nondestructive measurements of eggshell strength for White Leghorn hens. *Poultry Sci* 58:1125-1132.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poult. Magazine* 43:522-555, 572-573.
- Heath JL 1977 Chemical and related osmotic changes in egg albumen during storage. *Poultry Sci* 56:822-828.
- Johnson AS, Merritt ES 1955 Heritability of albumen height and specific gravity of eggs from White Leghorn and Barred Rocks and the correlations of these traits with egg production. *Poultry Sci* 34:578-587.
- Kato A, Ogino K, Kuramoto Y, Kobayashi K 1979 Degradation of the o-glycosidically linked carbohydrate units of ovomucin during egg white thinning. *J Food Sci* 44: 1341-1344.
- Kirunda DFK, McKee SR 2000 Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poultry Sci* 79: 1189-1193.
- Kosin IL, Konishi T 1973 Pre-incubation storage conditions and their effect on the subsequent livability of chicken embryos: exogenous CO<sub>2</sub>, plastic bags and extended holding periods as factors. *Poultry Sci* 52:296-302.
- Liljedahl LE, Gavora JS, Fairfull RW, Gowe RS 1984 Age changes in genetic and environmental variation in laying hens. *Theor Appl Genet* 67:391-401.
- Monsey JB, Robinson DS, Miller WS, Ellis M 1977 The effect of feeding magnesium-enriched diets on the quality of albumen of stored eggs. *Br J Nutr* 37:35-44.
- Nahm KH 2000 A strategy for quality poultry egg production II. Egg interior quality, egg yolk pigmentation, controlling egg weight and organic eggs. *Korean J Poult Sci* 27(2): 133-153.
- Sabrani M, Payne CG 1978 Effect of oiling on internal quality of eggs stored at 28 and 12 degrees C. *Br Poult Sci* 19:567-571.
- SAS 2002 *SAS User's guide: Statistics*, SAS Inst Inc Cary, NC, USA.
- Sathe V, Khan AG 1995 Influence of dietary energy and protein levels on egg quality in mild and peak summer seasons. *Indian Journal of Poultry Sci* 30(2):148-151.
- Scott TA, Silversides FG 2000 The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Sci* 79:1725-1729.
- Silversides FG, Scott TA 2001 Effect of storage and layer age

- on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Sci* 80:1240-1245.
- Silversides FG, Budgell K 2004 The relationships among measures of egg albumen height, pH, and whipping volume. *Poultry Sci* 83:1619-1623.
- Stadelman WJ, Cotterill OJ 1986 *Egg Science and Technology*. 3rd ed. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT, USA.
- Stern CD 1991 The sub-embryonic fluid of the domestic fowl and its relationship to the early development of the embryo. pp 81-90 in: *Avian Incubation*. S. G. Tullett, ed. Butterworth-Heinemann, London, UK.
- Voet D, Voet J 1990. Page 369 in: *Biochemistry*. John Wiley and Sons, New York, NY, USA.
- Walsh TJ, Rizk RE, Brake JT 1995 Effects of temperature and carbon dioxide on albumen characteristics, weight loss, and early embryonic mortality of long stored hatching eggs. *Poultry Sci* 74:1403-1410.
- Washburn KW 1990 Genetic variation in the chemical composition of the egg. *Poultry Sci* 58:529-535.
- Wong YC, Herald TJ, Hachmeister KA 1996 Evaluation of mechanical and barrier properties of protein coatings on shell eggs. *Poultry Sci* 75:417-422.
- 석윤오 2002 계란의 형질들 및 산란율에 대한 난각색이 다른 두 계통간의 비교연구. *한국가금학회지* 29(3):151-156.
- 임희석 남궁 환 백인기 2002 비타민 C 첨가가 산란계의 생산성과 난각품질에 미치는 영향. *한국가금학회지* 29(2):135-140.
- 하정기 김태호 나재천 강보석 하광수 김동혁 이상진 2002 계란 농후난백의 높이 측정부위에 따른 Albumen index 와 Haugh unit의 변화. *한국가금학회지* 29(3):157-170.