

에너지 절약을 위한 토굴저장 통계란의 품질특성

장영일 · 유재학 · 한성욱* · 장규섭
충남대학교 식품공학과, *충남대학교 축산학과

Quality Characteristics of Shell Eggs Stored in the Artificial Cave for Energy Saving

Yeong-il Chang, Jae-hak Yoo, Sung-wook Han* and Kyu-seob Chang

Department of Food Science and Technology, Chungnam National University

*Department of Animal Science, Chungnam National University

Abstract

Research was conducted to evaluate the characteristics of shell eggs stored in the artificial cave for energy saving. The quality characteristics included weight loss (WL), Haugh unit (HU), albumen height (AH), yolk index (YI), pH, shell strength (SS) and Hunter L, a, b. The temperature and humidity, considered as major factors of food preservation, in this cave (2 m height×2 m width×25 m length dimension) were maintained 9~14°C and 89~93% for year round without supplying extra energy. The shell color and shell strength at both cave and room temperature storing conditions were not significantly different during storage ($p>0.05$). Regardless of egg size and color, the WL of egg stored in the cave showed a little difference due to the high ambient humidity in the cave ($p<0.05$). The shell egg stored in the cave was edible until 35 to 40 day storage. However, the shell egg stored at room temperature condition was not edible after 10 to 15 days. The AH, HU, pH, YI of shell egg stored in the cave were significantly changed for the worse at 15th storage day ($p<0.05$). On the other hand, all quality parameters including WL of shell egg stored at room temperature were badly changed at 5th day of storage ($p<0.05$). There were extremely high correlations between storing day and the quality parameters such as WL, HU, AH, YI at both room and cave storage temperature. However, the correlations among all quality parameters in the cave storage were revealed lower significance level than those obtained from room temperature storage.

Key words: shell egg, cave storage, quality, correlation

서 론

통계란(shell egg)의 shelf-life는 계란 생산에 있어서 가장 중요한 고려 요인중의 하나이며 신선란이 반드시 우수한 품질의 계란이라고 볼 수는 없으나 계란의 신선도는 알의 품질을 판정하는 중요한 요소가 될 수 있고 비자들의 선호도를 결정하는데 중요한 척도가 되기도 하며 일반적으로 계란 시장에 있어서 다른 식품과 마찬가지로 선도가 높은 것일수록 그 품질은 좋게 평가되고 있다. 소비자들이 견고하고 점조한 난백을 요

구하기 때문에 통계란의 난백 점조성은 가장 중요한 품질요소중의 하나이다. 그러므로 통계란의 신선도 결정은 품질과 등급의 결정에 직접적으로 관련이 있으며 계란의 품질은 다른 유전적 형질적, 영양적 혹은 환경적 처리에 연계된 산란계의 하여 생산된 신선한 계란을 설명하는데 사용되기도 하고, 다른 저장기간 및 조건의 차이에 기인한 품질의 저하를 설명하는 이용되기도 한다(Silversides와 Villeneuve, 1994). 식품보장은 식품의 건전도, 영양적 가치, 품질의 바람직하지 못한 변화를 방지하는 가장 기본적인 방법이다. 난백 중 이산화탄소의 조절, 난각 기공(pore)을 통한 수분의 손실 조절, 미생물 침투 방지 및 저온 유지 등을 계란에 있어서 품질의 저하를 지연시키는 주요 고려사항이 된

Corresponding author: Yeong-il Chang, Division of Environmental and Biological Engineering, Kangwon National University, Chuncheon 200-701, Korea

다. 저온저장, MA포장 등과 같은 방법들이 가금물의 품질을 저하시켜 shelf-life를 연장시키는 방법으로 사용되어지고 있다(Wang, 1996). 계란의 저장에 관한 연구는 Walsh *et al.* (1995). 의 저장 기간중 수분감소에 의한 난백의 품질에 미치는 영향에 대하여, Ball *et al.* (1976).에 의해 보고 되어진 계란의 oil coating, 세척 및 저장온도에 관한 연구, Fromm과 Martron (1962)의 난황막(vitelline membrane)의 강도와 난황지수가 계란의 저장중 미치는 영향에 관하여, Williams (1992), Farran *et al.* (1995)., Silversides (1994), Silversides와 Villeneuve (1994)의 저장중 주요 품질매개 변수인 Haugh 단위와 무게 변화에 대한 연구, Silversides *et al.* (1993)의 저장중 계란의 pH가 품질의 척도로서 중요하게 이용한 연구, Burley와 Vadehra (1989)이 보고한 저장기간동안 난백과 난황의 물질 이동에 관여하는 난황막(vitelline membrane)의 중요성에 대한 연구 등이 활발하였으나 토굴이나 지하 동굴을 이용한 계란의 저장시험은 국내외적으로 보고되어지지 않았다. 다만 Chang (1995)이 토굴을 이용한 짓갈, 마늘, 생강 사과 등 농수산물 저장에 관한 연구보고만 있을 뿐이다. 일반적으로 난백의 품질은 저장기간이 증가면서 통계란의 수분 감소에 의하여 영향을 받는다고 하였으며, 수분의 감소율은 주위온도, 난각 처리, 포장 등과 같은 저장 환경의 요인에 의하여 영향을 받는다 (Walsh *et al.*, 1995). 미국의 계란 산업에서는 세척이 난각표면에 부착되어 있는 이물질과 미생물을 제거하여 소비자들에게 적합한 품질을 제공하는 가장 효과적이며 간단한 방법으로 사용된다. 그러나 주로 짧은 저장기간 동안 제한된 품질 변수들에 대한 연구가 이루어졌고 식품 재료로 보다는 대부분 부화능력과 관련된 연구가 진행되어졌다. 통계란의 품질 등급에 영향을 주는 품질변수중 호단위(Haugh unit, HU), 난백고(albmen height, AH), 난황지수(yolk index, YI), 난각강도(shell strength, SS), 액란의 pH 등이 계란의 품질을 결정하는데 일반적으로 사용되어지고 있다. Raymond Haugh (Haugh, 1937)가 제안한 이후로 가금산업에서 내부적 품질의 측정에 호단위(HU)가 가장 폭넓게 적용되어지고 있다(Williams, 1992; Farran *et al.*, 1995). 난황이 품질의 저하가 진행되는 동안 난백으로부터 수분을 흡수하기 때문에 난황막(vitelline membrane)의 팽창(stretching)과 약화로 인하여 난황의 모양은 저장기간이 지남에 따라 평평하게 변하게 된다(Romanoff와 Romanoff, 1949), 난황막 강도의 측정치로서 난황지수가 사용되어졌고 (Fromm과 Martrone, 1962), 난황막이 난백과 난황의 혼합을 막기 때문에 난황막의 강도는

계란의 저장과 운송에 있어서 중요한 요인이 된다 (Burley와 Vadehra, 1989). 또한 계란과 계란제품의 pH는 품질의 유지, 가공과 기능의 중요한 요인이며, 저장 기간중 난백의 pH가 증가하기 때문에 가장 유용한 품질 척도의 하나로써 사용된다(Silversides *et al.*, 1993). 뿐만 아니라, 계란의 pH는 식품 가공의 기본인 열처리된 겔의 조직특성에 영향을 주고 있다(Ferry, 1948; Beveridge *et al.*, 1980; Hermansson, 1982; Holt *et al.*, 1984; Woodward and Cotterill, 1986). 농축산물의 수입 자유화에 따라 농축산물 가격안정 및 우리나라 농축산물의 품질 보존에 따라 현재 농축산물 저온저장 규모가 매우 부족하며 설비투자 및 저온저장고의 유지 비용감소 측면에서도 동굴이나 토굴과 같은 지하 저온 저장 시설의 경제성은 매우 크다고 할 수 있겠다. 건설비에 있어서는 단열벽 시공생략, 건물 기초, 외장 마감 등의 불필요에 따른 10%이상의 절감, 계절적 부하변동이 없고 예비 냉각설비의 불필요에 따른 기계 및 전기설비비 50% 이상 절감, 운영유지비로서 냉각 운전회수 감소, 압반의 축열능력 활용, 기후 변동영향의 없음에 따른 전력사용료 30% 이상 절감, 반영구적 지하구조물 건물 감가상각비 50% 이상 절감 등을 들 수 있다(장규섭, 1995). 이와 같이 동굴이나 토굴과 같은 저온저장 시설 설비에 있어 지상창고에 비교할 때 지하 저온 시설의 경제성이 매우 높다. 또한 지하 저장 시설은 지상시설에 비해 경제성이 매우 큰데 민간에 의한 소규모시설보다 공공기관에 의한 대규모시설이 바람직하다. 계란의 저온 저장시설로는 경기도 오산에 서울 경기 양계조합이 운영하고 있는 액란 가공 공장이 유일하게 수요와 공급의 불균형으로 인한 가격 변동에 대처코자하는 정도이며(김정주, 1997), 계란과 같은 축산물은 지하저장에 대한 연구가 전무한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 년중 10~14°C의 일정한 온도를 유지하는 토굴을 이용하여 통계란의 저장성을 품질매개변수를 측정하여 조사하고 저장시설 운용에 소요되는 추가되는 에너지의 절약율도모하는데 유효한 기초자료를 얻고자한다.

재료 및 방법

재료

이곳 실정상 황색란과 백색란을 동일한 주령과 사료로 사양할 수 없었으나 가능한한 유사한 조건으로 하기 위하여 왕란(70 g이상), 특란(~61 g), 대란(55~60 g), 등으로 크기별로 저장하여 실험에 사용하였다. 황색란은 청봉농산의 제일 제당의 비타민 A와 E를 강화한

Table 1. Egg color and size of eggs for storage conditions

conditions	Cave storage		Room storage	
color	Yellow	White	Yellow	White
	King (CYK)	King (CWK)	-	-
size	Extra large (CWX)	Extra large (CWX)	Extra large (RYX)	Extra large (RWX)
	Large (CWL)	Large (CWL)	-	-

AE사료로 사양한 Dekalb Gold (고창양계)종으로부터 당일 생산된 신선란을 비포장 실험을 위하여 42주령의 양계로부터 각 크기별로 획득하고 백색란은 대전 종축장에서 일반 양계사료로 사양한 Leghorn으로부터 당일 생산된 신선란을 비포장 실험을 위하여 각 크기별로 40주령된 양계를 시료로 하여 실온 저장과 토굴저장을 실험하였다. 시료 계란의 구분은 Table 1과 같다.

토굴의 제원 및 저장조건

토굴의 제원은 Fig. 1과 같으며 토굴저장고의 온도와 습도를 자기온도 습도계(Isuzu Electronic Precision)로 조사 기록하였다.

품질매개변수의 측정

토굴과 상온에서 저장한 황색란과 백색란의 품질 특성을 조사하고자 중량손실율(WL), 난백고(AH), 호단위(Haugh unit, HU), 난황지수(YI), 난백의 pH(ApH),

전란의 pH(WEpH), 난각의 강도(SS), 그리고 난각의 색도를 hunter L, a,b (L, a, b)로 각각 측정하였다.

중량손실율(WL)은 초기의 계란의 중량에 대하여 실험 당일의 계란의 중량을 비교하여 (1)식에 의하여 계산하여 산출하였다.

$$WL = [1 - \{(IEW - TEW)\} / IEW] \tag{1}$$

여기서 IEW: 초기의 계란 무게(g)

TEW: 저장후 측정당일의 계란무게(g)

난각의 색도는 저장기간중 난각의 색도변화와 난각색과 신선도 유지와의 상관관계를 측정하기위하여 난각의 색도를 JC801(Tristimulus colorimeter)를 이용하여 측정하였으며, 난각강도는 Texture analyser (TA-XT2)를 사용하여 5 Kg의 load cell로 calibration 하여 난각의 강도를 측정하였다.

난백고(Albumen height, AH)와 Haugh 단위(HU)는 Haugh(1937)의 방법에 따라 농후 난백(thick albumen)의 높이를 난황과 만나는 점에서 Tripod micrometer (Ames. IW)를 사용하여 0.1mm 단위까지 측정하여 측정당일의 계란 무게를 (2)와 같은 관계식에서 계산하였다.

$$HU = 100 \log \{ AH - (G^{0.5} (30TEW^{0.37} - 100)) / 100 \} + 1.9 \tag{2}$$

여기서, AH: 난백높이 (mm)

G: 32.2(g)

난황지수(YI)는 난황의 높이와 직경을 Tripod

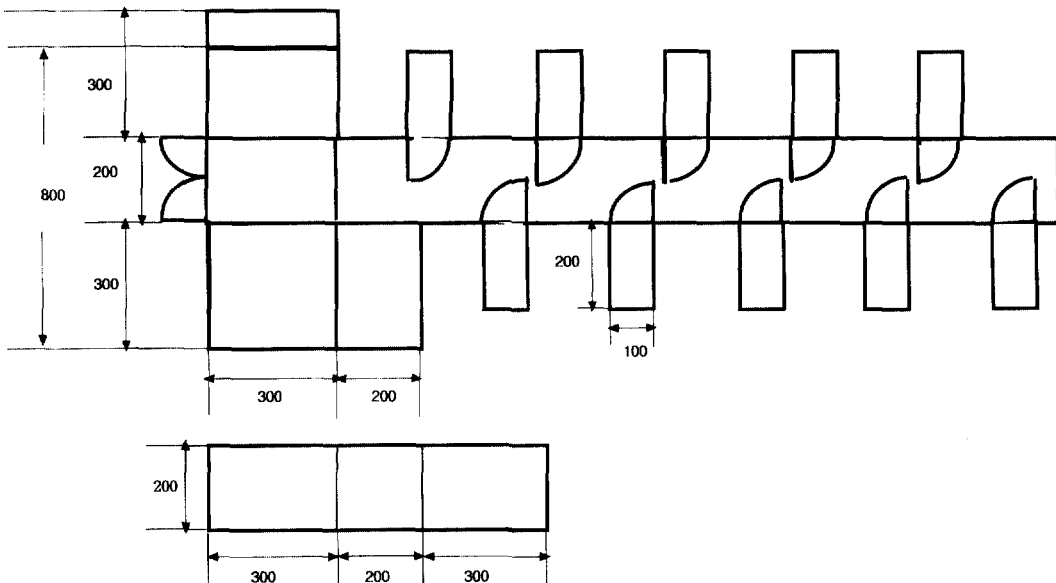


Fig. 1. diagram of the cave for cave storage of eggs

micrometer를 사용하여 0.1 mm 단위까지 측정하여 난황의 직경의 비를 (3)식을 이용하여 계산하였다.

$$YI=(YH/YW) \quad (3)$$

여기서, YH: 난황높이(mm)

YW: 난황직경(mm)

또한 난백 및 전란의 pH를 측정하여 품질의 변화를 측정하였다.

통계 분석

각 조건별로 측정된 값을 Statistical Analysis System (SAS Inc., 1995) GLM 프로그램을 이용하여 분산분석(PROC ANOVA)하고 최소유의차(Least significant difference, LSD)를 이용하여 유의차를 검증하였고($p<0.05$), 매개변수간 상관관계(PROC CORR)를 분석하였다.

결과 및 고찰

저장 기간중 토굴의 저장 조건을 알아보기 위하여 토굴저장고의 온도와 습도를 자기온도 습도계(Isuzu Electronic Precision)로 조사 기록하였으며, Table 1에서 12개월간의 저장기간동안 거의 일정한 토굴 저장온도(9-11°C)와 습도(89~93%)를 보여주었다. 왕란, 특란 및 대란크기의 황색란 및 백색란에 대한 토굴저장에서의

저장일수별 품질 매개 변수의 변화는 Table 3에서 Table 8 까지의 결과에서 보여주고 있고, 특란 사이즈의 황색란과 백색란의 일반저장 실험에 대한 결과는 Table 9과 Table 10에서 보여주고 있다. 저장중 계란의 중량 손실율은 가장 간단한 측정방법으로 품질의 변화를 쉽게 결정할 수 있지만 가공공정에서는 초기무게를 측정하기 어려운 실정이다(Philips *et al.*, 1992). 그러나 실험실적 방법으로는 좋은 지표가 되는 중량손실율은 토굴 저장에서의 황색란과 백색란에서 모두 저장 일수와 관계없이 일정한 변화 양상을 보이지 않았다(Table 3~Table 8). 이는 일반적으로 저장기간의 경과에 따라 계란의 중량이 감소되는 것과는 상이한 결과를 보여 주었고 또한 변화량 초차 미미한 감소를 보여 주었다. 토굴저장시 중량 손실율은 크기와 난각색의 구별없이 저장일수 35일에서 40일 까지 0.009이하를 보여주고 있으나, 일반 상온 저장중에는 저장일수 10일 이후부터 0.01이상으로 증가하였다. (Table 3~10). Walsh *et al.* (1995)은 일반적으로 통계란으로부터 수분과 중량손실은 저장기간에 따라 증가하는데, 증발에 의하여 난각을 통하여 외부로 배출되어지는 그 증발 손실율은 다양한 조건들에 대한 1차함수적 변화를 보였다고 하였다. 또 이는 Romanoff와 Romanoff (1949)이 발표한 실험결과와 일치 하였으나 본실험에서는 토굴의 90% 이상되는 습도에 의하여 계란으로부터 대기중으로 수분의 전달이 일정한 양상으로 이

Table 2. Changes in temperature and humidity in the storing cave from October 1, 1998 to September 30, 1999

month	'98.10	'98.11	'98.12	'99.01	'99.02	'99.03	'99.04	'99.05	'99.06	'99.07	'99.08	'99.09
temperature (°C)	11	11	9	9	10	10	11	12	13	14	13	12
humidity (%)	90	90	89	89	91	90	90	91	93	92	93	92

Table 3. Changes in quality parameters of king size yellow eggs during cave storage (CYK)

Day	WL	AH (mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS (Kg)	L	a	b
0	0.0000b	8.00a	85.28a	0.537a	8.48c	6.79c	3.405bcd	93.68a	4.22a	5.95c
5	0.0040ab	6.43ab	76.21ab	0.516ab	8.62c	7.19bc	4.225ab	62.82b	22.37a	40.75ab
10	0.0030ab	6.00b	70.90ab	0.488abc	8.67c	7.32abc	3.475abc	67.74b	17.93a	29.09abc
15*	0.0052ab	5.15bc	65.04abc	0.471bcd	8.86bc	7.41abc	2.625d	70.37b	26.91a	31.01ab
20*	0.0045ab	5.18bc	65.54abc	0.460bcde	8.87abc	7.44ab	2.72.cd	64.87b	16.76a	33.77ab
25	0.0050ab	4.98bc	62.03bc	0.461bcde	8.94abc	7.59ab	3.600ab	67.39b	10.85a	36.65ab
30*	0.0067ab	4.50bcd	57.59bcd	0.458bcde	8.92abc	7.52ab	4.20.ab	59.69b	21.65a	40.30ab
35*	0.0022ab	4.60bcd	59.51bcd	0.430cde	8.95abc	7.69ab	3.775ab	62.19b	18.47a	37.92ab
40	0.0055ab	3.80cde	47.16cde	0.427cde	9.04abc	7.77ab	3.775ab	64.32b	25.79a	40.16ab

Mean value from 4 replications.

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$).

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH(ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b).

Table 4. Changes in quality parameters of Extra-large size yellow eggs during cave storage (CYX)

Day QP	WL	AH(mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS(Kg)	L	a	b
0	0.0000c	6.46a	78.51a	0.492a	7.87d	7.09b	3.075c	93.68a	4.22b	5.94c
5	0.0026ab	5.05ab	68.02ab	0.490a	8.51c	7.14b	4.775a	62.81b	22.37ab	40.75a
10	0.0015bc	4.80b	64.68ab	0.488ab	8.52c	7.22ab	3.375bc	59.34b	42.27a	29.29ab
15	0.0022ab	4.63b	62.88ab	0.475abc	8.71c	7.36ab	4.025ab	60.99b	29.01ab	37.22ab
20	0.0030ab	4.65b	63.47ab	0.482abc	8.77bc	7.45ab	3.175bc	60.08b	33.95ab	48.78a
25	0.0030ab	4.60b	61.75ab	0.446abc	8.88bc	7.71ab	3.825bc	67.64b	4.66b	29.47ab
30	0.0040a	4.50b	59.77ab	0.431bc	9.38ba	7.75ab	3.750bc	65.09b	4.61b	18.96bc
35	0.0033ab	3.88b	53.66b	0.426c	9.53a	7.86a	4.025ab	58.48b	23.92ab	49.94a

Mean value from 4 replications.

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$).

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH(ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b).

Table 5. Changes in quality parameters of large size yellow eggs during cave storage (CYL)

Day QP	WL	AH(mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS(Kg)	L	a	b
0	0.0000c	6.46a	78.50a	0.492a	7.87d	7.09a	3.075b	93.67a	4.22b	5.95c9
5	0.0030ab	5.03ab	68.01ab	0.490a	8.51cd	7.14a	4.775a	62.81bc	22.37ab	40.75ab
10	0.0016bc	5.00ab	66.96ab	0.482a	8.52cd	7.22a	3.375b	59.34bc	42.27ab	29.29abc
15	0.0023abc	4.65ab	63.46ab	0.488a	8.71bc	7.36a	4.025ab	60.99bc	29.01ab	37.23ab
20	0.0026 ab	4.80ab	64.68ab	0.475a	8.77bc	7.45a	3.175b	60.08bc	33.95ab	48.78a
25	0.0030ab	4.62ab	62.87ab	0.459a	8.88abc	7.51a	3.825ab	67.64b	4.66b	29.47abc
30*	0.0046a	4.60ab	61.74ab	0.447a	8.86abc	7.75a	3.750b	65.09b	4.61b	10.96bc
35*	0.0033ab	4.50ab	59.77ab	0.432a	9.38ab	7.71a	4.025ab	58.48bc	23.92ab	49.94a
40	0.0022abc	3.87b	53.66b	0.427a	9.53a	7.86a	3.400b	53.69c	55.36a	50.69a

Mean value from 4 replications.

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$).

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH(ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b).

루어지지 않은 것으로 사료된다.

난백고(AH)와 Haugh 단위는 신선란의 경우 본 실험에서 6.8~8.6 mm와 78~92를 각각 보여 주어 일반적인 신선란의 난백고(AH)와 Haugh 단위인 4.3~7.6 mm와 75~80와 비교하여 별 유의차가 없었다($p>0.05$). 또한 본 실험에서 난백고(AH)와 Haugh 단위는 비례적인 양상을 보여 주었는데, 즉 높은 난백고에서 큰 Haugh 단위를 보여 주었다. 난백고는 2 mm 이하에서, 30~35사이의 Haugh 단위에서 심각한 품질의 차이를 보여 주었다. 이는 계란의 크기와 관계없이 난백고 2 mm 이하에서 불가식한 통달걀을 보여준 Chang (1997)의 실험 결과와 대체로 일치하였다. 대체로 토굴 저장에서는 35일 이상 길게는 40일까지도 이러한 수치를 보여주고 있으나 일반 상온 저장에서는 15일에

서 20일 사이에서 난백고 2 mm, Haugh 단위 30 이하의 수치를 보여 주고 있다. 일반적으로 통계란에 있어서 큰 난백고(AH)와 Haugh 단위는 양질의 난백 품질을 지니고 있는 것으로 받아들여지고 있다. Williams (1992)는 Haugh 단위가 계란의 내부적 품질을 측정하기 위하여 가장 폭넓게 사용되어지고 있다고 보고하였고 Silverside *et al.* (1993)와 Brake *et al.* (1997)은 난백고(AH), 난중량과 Haugh 단위를 측정하여 그 상관관계를 검토하여 난백고를 품질 평가의 척도로 Haugh 단위를 대체하여 사용할 수 있다고 보고하였다. 또한 Walsh와 Brake (1992)는 난백의 품질은 저장온도의 증가에 따라 또한 초기의 계란 품질에 따라 급속히 감소한다고 보고하였는데 이는 일반 상온 저장시 토굴 저장 보다 한계수치에 빨리 도달함을 관찰할 수 있었

Table 6 Changes in quality parameters of king size white eggs during cave storage (CWK)

Day QP	WL	AH (mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS (Kg)	L	a	b
0	0.0000a	7.83a	118.57a	0.493a	8.31b	6.73b	3.950a	54.77b	16.10a	38.34a
5	0.0096a	6.28a	75.10b	0.493a	8.55ab	7.02ab	3.200b	91.76a	9.49a	6.05b
10	0.0021a	4.10b	55.51bc	0.439ab	8.77ab	7.12ab	3.525ab	83.74a	4.45a	9.72b
15*	0.0034a	3.75b	48.46c	0.431bc	8.82ab	7.13ab	3.375ab	93.01a	3.56a	2.84b
20*	0.0770a	3.05b	39.53c	0.4246bc	8.97a	7.32ab	3.450ab	89.21a	8.83a	2.98b
25	0.0045a	3.23b	41.17c	0.425bc	8.98a	7.46a	3.550ab	86.65a	3.96a	2.73b
30*	0.0088a	2.93b	34.46c	0.407bc	8.99a	7.52a	3.200b	87.13a	0.02a	0.35b
35	0.0032a	2.40b	30.85c	0.391c	8.99a	7.58a	3.150b	89.05a	3.92a	3.00b

Mean value from 4 replications.

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$).

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH(ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b).

Table 7. Changes in quality parameters of Extra-large size white eggs during cave storage (CWX)

Day QP	WL	AH (mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS (Kg)	L	a	b
0	0.0000d	8.60a	91.67a	0.490a	8.02c	6.68b	4.100a	66.95b	54.09a	28.59a
5	0.0022bc	5.43b	72.22b	0.479ab	8.15bc	7.21ab	2.950d	73.10ab	5.03a	4.24b
10	0.0029bc	4.50bc	62.32bc	0.438abc	8.50ab	7.24ab	3.525bc	91.66a	4.31a	0.70b
15	0.0038abc	3.85cd	56.37cd	0.434abc	8.66a	7.25ab	2.975d	93.92a	4.29a	10.26b
20	0.0032bc	3.53cde	51.93cd	0.428abc	8.85a	7.34ab	3.850ab	88.97ab	4.06a	6.68b
25*	0.0043ab	2.98de	44.26de	0.398bc	8.89a	7.32ab	3.3300cd	90.01ab	4.74a	3.67b
30*	0.0018cd	3.03de	44.59de	0.398bc	8.95a	7.40a	3.600bc	85.85ab	4.40a	2.60b
35	0.0043ab	2.90de	42.34de	0.393c	8.97a	7.49a	3.550bc	8685ab	10.04a	-13.40c
40	0.0056a	2.50e	36.58e	0.181d	8.97a	7.70a	3.650abc	87.82ab	3.78a	3.30b

Mean value from 4 replications

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$)

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH(ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b)

다. 계란의 내부적 품질지표이 하나인 난황지수(YI)는 가식계란의 한계치는 0.4부근이었다. 토굴저장에서는 저장일수 35일부터 40일까지 이 한계수치를 보여주었는데 일반 상온 저장에서는 20일 부터 한계치수 이하로 관찰되었다. 난황지수 0.3이하에서는 난황이 쉽게 파손되어 추가적인 측정이 곤란하였다. 일반적으로 저장시간이 경과할수록 난황막(vitelline membrane)이 약하여짐에 따라 난황막이 찢어진 난황이 관찰이 되어진다. Heath(1976)의 보고에 의하면 계란의 저장시간이 경과할수록 품질이 저하할수록 난황막은 약해지며 팽창(stretching)되어 진다고 하였다. Romanoff와 Romanoff (1949)는 이런 난황막의 스트레칭은 품질저하가 진행되는 과정에서 농후난백의 수분이 증가하여 난황과 난백사이에서 난황막을 통하여 삼투압의 평형

을 이루기 위하여 난백의 수분이 난황으로 혼입이 일어나 발생한다고 하였다. 또한 Fromm (1966, 1967)은 주변의 pH 역시 난황의 모양과 난각막의 강도에 영향을 주는 주요 요인이라고 보고하였다. 이러한 품질저하 과정에서 난백은 난각의 구멍을 통하여 외부로 수분을 잃는 동시에 난황으로 수분이 혼입되며 이러한 결과로 부착란(stuck yolk)이나 부패란(mixed yolk)과 같은 불가식란이 되어진다. 여기서 부착란은 난황이 난백의 수화와 더불어 난각에 부착되어 형성되고 부패란은 난황막이 깨어져 난황과 난백이 서로 섞여 형성되어지는데 이러한 요인인 수분의 이동은 높은 온도에서 저장시 급속히 진행된다.

계란의 내부적 품질지표중의 하나인 난백 및 전란의 pH는 저장기간의 경과와 함께 증가하는 결과를 일

Table 8. Changes in quality parameters of Large size white eggs during cave storage (CWL)

Day	WL	AH (mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS (Kg)	L	a	b
0	0.0000b	7.40a	86.45a	0.476a	8.25b	6.57d	3.825a	65.80d	31.15a	31.23a
5	0.0020b	5.18b	71.13ab	0.470a	8.71ab	6.76cd	2.555a	93.39a	1.82b	2.62b
10	0.0069ab	4.70b	64.58bc	0.449ab	8.73ab	6.85cd	3.175a	93.10a	6.16b	6.77b
15	0.0030b	4.45bcc	66.75bc	0.446ab	8.74ab	7.11bc	1.0650a	90.54a	8.23b	5.37b
20	0.0026b	3.85bcd	58.90bcd	0.435ab	8.86a	7.19bc	3.450a	92.94a	2.88b	10.53b
25	0.0040ab	3.30cd	50.96cde	0.433ab	8.88a	7.49ab	3.675a	92.60a	4.29b	9.92b
30	0.0007b	2.80d	41.15de	0.403bc	8.94a	7.51ab	3.825a	86.40c	5.17b	3.43b
35	0.0048ab	2.58d	39.55de	0.380c	8.95a	7.57ab	3.250a	88.10c	4.65b	1.84b
40	0.0108a	2.35d	34.25e	0.366c	9.05a	7.93a	2.975a	86.19c	0.94b	-0.95b

Mean value from 4 replications.

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$).

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH (ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b).

Table 9. Changes of quality parameters of Extra-large size yellow eggs during room temperature storage (RYX)

Day	WL	AH (mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS (Kg)	L	a	b
0	0.0000c	6.10a	72.35a	0.501a	8.37c	6.87c	3.800abc	93.68a	4.22a	5.95b
5	0.0065bc	5.40a	70.62a	0.501a	8.77bc	7.53bc	3.550bc	62.82b	22.37a	40.75a
10	0.0084bc	3.33b	47.94ab	0.444b	8.89bc	7.57bc	3.800abc	66.78b	19.17a	25.10ab
15	0.0158abc	3.30b	39.47b	0.419b	8.98ab	7.66b	3.400c	65.12b	29.45a	28.07a
20	0.0243abc	1.02c	0.59c	0.343c	9.10ab	7.78b	3.700abc	68.65b	-4.12a	30.13a
25	0.0348abc	1.10c	-9.23cd	0.297d	9.30ab	7.87ab	4.025ab	67.23b	2.96a	26.95a
30	0.0438ab	1.00c	-16.76cd	0.265d	9.46a	7.87ab	4.175a	64.30b	9.88a	33.43a
35	0.0522a	0.88c	-34.23d	0.220e	9.48a	8.56a	3.600bc	64.35b	26.31a	24.85ab

Mean value from 4 replications

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$)

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH (ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b)

반적으로 보여주고 있다(Sharp와 Powell, 1931). 따라서 Hickson *et al.* (1982)은 난백의 pH는 계란의 품질을 결정하는 지표로서 사용하였다고 보고하였고, Silverside *et al.* (1993)은 또한 pH를 저장 후 품질의 척도로 결정하는데 유용하다고 보고하였다. 본 실험에서는 바로 생산된 신선란의 초기 난백 pH 7.87~8.48에서 측정 말기의 난백 pH 8.95~9.53까지 증가하여 문헌상(Sharp와 Powell, 1931; Romanoff와 Romanoff, 1949; Kline *et al.*, 1965; Heath, 1975, 1977)에서 보고한바 있는 저장중 통달같은 신선란의 난백 pH 7.6~8.5에서 최대 pH 9.6까지 시간 의존성 함수로 증가한 사실과 부합되었다. 난백의 pH는 용해되어 있는 CO_2 , HCO_3^- , CO_3^{2-} 그리고 단백질의 평형에 의하여 결정되어진다. CO_2 , HCO_3^- (중탄산염이온), CO_3^{2-} (탄

산염이온)농도는 외부 환경의 CO_2 의 부분압력에 의하여 조절이 되어서인데, 외부의 CO_2 가 증가할수록 중탄산염이온이 증가하고 pH와 탄산염이온은 감소하게 된다. 이러한 원리로 난각의 기공을 통해서 CO_2 가 배출되기 때문에 난백의 탄산염이온의 분해가 일어나게 된다. 그러므로, 통계란의 CO_2 개스의 손실은 난백의 pH를 거의 중성상태인 pH 7.6부근에서 알칼리상태인 pH 9.7까지 증가를 촉진시킨다. 난백 pH의 상승은 농후난백의 겔구조에서의 붕괴에 기인하고 그 결과 액상의 묽은 난백을 보이게 된다. 계란의 저장이 진행되면 CO_2 개스는 외부로 손실되어 난백은 신선란의 cloudy한 불투명한 상태에서 좀더 투명한 상태로 변화하게 된다. 난황은 조성상 32~36%의 지방을 함유하고 있다 (Marion *et al.*, 1965; Chung과 Stadelman, 1965). 신

Table 10. Changes in quality parameters of Extra-large size white eggs during room temperature storage (RWX)

Day	WL	AH (mm)	HU	YI	ApH	WEpH	SS (g)	L	a	b
0	0000d	8.60a	91.67a	0.490a	8.50b	7.33b	4.110a	66.95b	5.09a	28.57a
5	0.0096d	5.00b	64.79ab	0.477a	8.63b	7.34b	3.2.5bcd	93.66a	9.58a	-2.56b
10	0.0185cd	3.23bc	45.32bc	0.410b	8.77ab	7.85ab	3.3.5bc	93.21a	3.75a	0.56b
15	0.0197cd	3.13bc	400.04bc	0.369bc	8.89ab	7.85ab	2.8.5cd	93.67a	3.72a	-1.51b
20	0.0324cd	2.70cd	19.75cd	0.346c	9.05ab	7.89ab	3.700ab	92.20a	5.07a	-0.92b
25	0.0464b	2.00cd	14.53cd	0.280d	9.25a	8.21a	3.800ab	92.26a	4.37a	-0.33b
30	0.0666a	1.03d	-13.67d	0.227e	9.29a	8.42a	3.100cd	94.64a	0.51a	3.48b
35	0.0721a	0.75d	-1.44d	0.208e	9.31a	8.80a	2.700d	93.55a	4.96a	-3.16b

Mean value from 4 replications.

a-f, Means in the same column not followed by the same letter are significantly different ($P>0.05$).

Quality parameters (QP), weight loss (WL); albumen pH (AH); Haugh unit (HU); yolk index (YI); shell strength (SS); albumen pH (ApH), liquid whole egg pH (WEpH); Hunter L, a, b (L, a, b).

Table 11. Correlations among quality parameters of shell egg stored in room temperature

QA	DAY	WL	AH	HU	YI	ApH	WEpH
DAY	1	-0.6350****	-0.8225****	-0.8400****	-0.9319****	0.4943****	0.0911
WL		1	0.5487****	0.5188****	0.6505****	-0.2238	-0.1392
AH			1	0.9242****	0.7924****	-0.4092	-0.0912
HU				1	0.8031****	-0.4314***	0.0942
YI					1	-0.4109***	-0.1398
ApH						1	-0.0881
WEpH							1

n=66

*Correlations are significant at $p<0.05$

**Correlations are significant at $p<0.01$

***Correlations are significant at $p<0.001$

****Correlations are significant at $p<0.0001$

QA: Quality parameter, WL: weight loss, AH: albumen height, HU: Haugh unit, YI: yolk index, ApH: albumen pH, WEpH: whole egg pH.

선란의 난황 pH는 6.0부근으로 신선란의 액체전란의 pH는 6.57~7.33에서 측정말기의 pH 7.93과 8.8로 각각 증가하였다. 이밖에 난각의 강도와 난각색도는 토굴저장과 일반 상온 저장에서 유의한 차이를 보여 주지 않아($p>0.05$) 상품으로서 토굴저장에 따른 상품적 가치의 손실을 고려치 않아도 될 것으로 사료된다.

크기와 난각색의 구별없이 실온과 토굴저장 조건별 변수간의 상관관계를 분석한 결과는 각각 Table 11과 Table 12와 같다. 여기서 난각색과 난각강도가 다른 품질매개변수와 유의한 상관관계를 보이지 않아 표에서는 생략하였다. 저장일수와 중량감소율(WL), 난백고(AH), 호단위(HU), 난황지수(YI)와 상관관계는 실온저장에서는 $p<0.0001$ 의 유의수준에서 매우 높은 상관관계를 보여 주었고, 토굴 저장에서는 $p<0.001$ 의 유의수준에서 높은 상관관계를 보여 주었다. 이는 토굴 저

장시 주위의 습도가 매우 높아 실온에서의 저장보다 낮은 유의수준에서의 상관관계를 보인 것으로 생각되고 이러한 결과는 Chang (1997)이 포장 계란의 상관관계 분석과 유사한 결과를 보여주고 있다. 이밖에 각 품질매개 변수간의 상관관계에서도 토굴 저장시 실온 저장보다 그 상관관계의 유의 수준이 낮게 분석되어 주위의 습도와 비교적 낮은 온도에 의하여 품질의 저하가 지연된 것으로 유추할수 있었다.

본 실험에서 계란 저장시 사용된 토굴은 $200 \times 200 \times 2000$ (cm)의 규격으로 80000 l의 용적을 갖는 저장고 기능을 수행할 수 있었다. 일반적으로 시중에서 사용중인 업소용 냉장고인 대영공업(주) 제조, 삼성전자 판매의 CRF-1754D model의 1685 l의 유효 내용적 용량을 갖는 냉장고는 461 kWh의 전력을 소비하여 약 40배의 저장 용적을 지니는 동굴 저장고에 통계란을

Table 12. Correlations among quality parameters of shell egg stored in cave

QA	DAY	WL	AH	HU	YI	ApH	WEpH
DAY	1	-0.4798***	-0.5735***	-0.5447***	-0.3240**	0.2040	0.0598
WL		1	0.4214***	0.3548**	0.3679**	-0.0408	0.0304
AH			1	0.9687****	0.3234**	-0.0856	0.0415
HU				1	0.2748*	-0.0659	0.0717
YI					1	-0.1608	0.0749
ApH						1	0.4080***
WEpH							1

n=70

*Correlations are significant at $p < 0.05$ **Correlations are significant at $p < 0.01$ ***Correlations are significant at $p < 0.001$ ****Correlations are significant at $p < 0.0001$

QA: Quality parameter, WL: weight loss, AH: albumen height, HU: Haugh unit, YI: yolk index, ApH: albumen pH, WEpH: whole egg pH

저장한다면 가장 추운 계절인 12, 1월에도 9°C의 저장 온도를 보여 주어 동결에 의한 동해를 예방할 수 있으며, 가장 무더운 계절인 7, 8월에도 15°C를 넘지 않아 농가에서 대포장에 의한 과도한 습도에 의한 곰팡이류의 피해를 방지할 수 있으면 추가적인 에너지 사용이 해소되어 에너지 절약 차원에서 많은 장점이 있다. 특히 생산 초기에 많은 변화를 보이는 계란의 품질은 5°C이하에서 약 1주일간 큰 변화를 보이지 않으므로 초기에 1~5°C사이에서 냉장 저장하고 그 이후에는 동굴 저온 저장고에서 그 기능을 대신할 수 있을 것으로 사료된다.

요 약

본 연구는 에너지 절약을 위하여 토굴저장한 동계란의 중량손실율, 호단위, 난백고, 난황지수, pH, 난각강도, 난각색도와 같은 품질 특성을 측정하였다. 식품 저장의 주요 요인인 온도와 습도는 임의로 만들어진 토굴(2 m 높이, 2 m 폭, 25 m 길이)에서는 추가적인 에너지 투입 없이 년중 각각 9~14°C와 89~93%를 보여주었다. 난각강도와 난각색도는 본 실험에서 저장 조건과 관계없이 저장중 유의차를 보여주지 않았다 ($p > 0.05$). 계란의 크기와 난각색과 관계없이 중량감소율(WL)은 토굴저장에서 주위의 높은 습도 인하여 유의한 차이를 보여주지 않았다. 토굴 저장한 계란은 35일에서 40일간의 저장기간에도 식용으로 가용하였으나, 실온 저장한 계란의 경우에는 저장 초기의 급격한 품질 저하로 10일내지 15일의 저장일수에서 식용으로 사용 가능치 못하였다. 토굴저장한 계란의 AH, HU, pH,

YI는 저장일수 10 내지 15일째부터 유의한 품질 저하를 보였으며($p < 0.05$), 실온저장한 계란의 WL을 포함한 모든 품질매개변수는 저장 5일째부터 유의한 나쁜 변화를 보여주었다($p < 0.05$). 실온 저장과 토굴저장한 계란 모두, 저장일수와 WL, AH, HU, YI와 같은 품질 매개변수와 매우 유의한 상관관계를 보여주었으나, 토굴 저장한 계란의 매개변수간의 상관관계는 실온저장한 계란의 품질매개변수 보다 낮은 유의 수준에서 상관관계를 보여주었다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단의 박사후 연수지원에 의하여 수행된 것이며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- 김정주(1997). 양계산물의 생산유통 소비구조에 관한 조사 연구. 축협중앙회
- 장규섭(1995). 현장에서 기술개발사업 보고서. 충남대학교
- Ball, R.F., J.F. Hill, V. Logan and J. Lyman. 1976. The effect of washing oiling and holding temperature of eggs on the shell strength. *Poult. Sci.* **55**: 335-340
- Beveridge, T., S. Arntfield, S. Ko, and J.K.L. Chung. 1980. Firmness of heat induced albumen coagulum. *Poult. Sci.* **59**: 1229-1236
- Brake, J., T.J. Walsh, C.E. Benton, Jr., J.N. Pritte, R. Meijerhof, and G. Penalva. 1997. Egg handling and storage. *Poult. Sci.* **76**: 144-151
- Burley, R.W. and D.V. Vadehra. 1989. The avian egg: Chemistry and biology. John Wiley and Sons, N.Y.

- Chang, Y.I. 1997. Shell egg quality parameter as affected by egg size, washing and packaging treatments storage temperature. Ph. D. thesis, Mississippi state university
- Chung, R.A. and W.J. Stadelman. 1965. A study of variations in the structure of the hen's egg. *British Poult. Sci.* **6**: 277-282
- Farran, M.T., M.G. Uwayjan, A.M.A. Miski, F.T. Sleiman, F.A. Adada and V.M. Ashkarian. 1995. Effects of the feeding raw and treated common vetch seed on the performance and egg quality parameters of laying hens. *Poult. Sci.* **74**: 1630-1635
- Ferry, J.D. 1948. Protein gels. In "Advanced in Protein Chemistry" Ed. by Anson, M.L. and Edsall, J.T. p. 1-78. Academic Press, NY.
- Fromm, D. 1967. Some physical and chemical changes in the vitelline membrane of the hen's egg during the storage. *J. Food Sci.* Vol. 32, 52-56
- Fromm, D. The influence of ambient pH on moisture content and yolk index of hen's yolk. *Poult. Sci.* Vol. 45, 1966. 374-379
- Fromm, D. and G. Martrone. 1962. A rapid method for evaluating the strength of the vitelline membrane of the hen's egg yolk. *Poult. Sci.* **41**: 1516-1521
- Haugh, R.R. 1937. The Haugh unit for measuring egg quality. *U.S. Egg Poult. Mag.* **43**: 522-555, 572-573
- Heath, J.L. 1975. Investigation of changes in yolk moisture. *Poult. Sci.* **54**: 2007-2013
- Heath, J.L. 1977. Chemical and related osmotic changes in egg albumen during storage. *Poult. Sci.* **56**: 822-828
- Heath, J.L., 1976. Factors affecting the vitelline membrane of the Hens egg. *Poultry science* **55**: 936-942
- Heath, J.L. and S.L. Owens. 1978. Effect of oiling variables on storage of shell eggs at evaluated temperature. *Poult. Sci.* **57**: 930-936
- Hermansson, A.M. 1982. Gel characteristics-structure as related to texture and waterbinding of blood plasma gels. *J. Food Sci.* **47**: 1965-1972
- Hickson, D.W., E.S. Alford, F.A. Gardner, K. Diehl, J.O. Sanders, and C.W. Dill. 1982. Changes in heat-induced rheological properties during cold storage of egg albumen. *J. Food Sci.* Vol. 47, 1908-1911
- Holt, D.L., M.A. Watson, C.W. Dill, E.S. Alford, R.C. Edwards, K.C.D. Diehl, and F.A. Gardner. 1984. Correlation of the rheological behavior of egg albumen to temperature, pH, and NaCl concentration. *J. Food Sci.* **49**: 137-141
- Kline, L., J.J. Meehan, and T.F. Sugihara. 1965. Relationship between layer age and egg product yield and quality. *Food Technol.* **19**: 114-119
- Marion, J.E., J.G. Woodroof, and R.E. Cook. 1965. Some physical and chemical properties of eggs from hens of five different stocks. *Poult. Sci.* **44**: 52-534
- Phillips, L., J. Brake, S. Ellner, and R. Oukama, 1992. A mathematical model for estimation of broiler egg weight loss from physical dimensions and air cell size during incubation. *Poultry Science*, **71**: 625-630
- Romanoff, A.L. and A.J. Romanoff. 1949. The Avian Egg. John Wiley and Sons Co., NY
- SAS Institute. 1995. SAS Users' Guide: Statistics. 1995 Edition. Release 6.11. SAS Institute Inc., Cary, NC
- Sharp, P.F. and Powell, C.K. 1931. Increase the pH of the white and yolk of hen's eggs. *Ind. Eng. Chem.* Vol. 23, 196-199
- Silversides, F.G. 1994. The haugh unit correction for egg weight is not adequate for comparing eggs from chickens of different lines and ages. *J. Appl. Poultry Res.* **3**: 120-126
- Silversides, F.G., F. Twizeyimana, and P. Villeneuve. 1993. Research note: A study relating to the validity of the haugh unit correction for egg weight in fresh eggs. *Poult. Sci.* **72**: 760-764
- Silversides, F.G., P. Villeneuve. 1994. Is the Haugh unit correction for egg weight valid for eggs stored at room temperature? *Poult. Sci.* **73**: 50-55
- Walsh, T.J. and J. Brake. 1992. Effect of short-term storage conditions on albumen height and hatchability of broiler hatching eggs. *Poult. Sci.* **71**(Suppl. 1): 125. (Abstr.)
- Walsh, T.J., R.E. Rizk, and J. Brake. 1995. Effect of temperature and carbon dioxide in albumen characteristics, weight loss, and early embryonic mortality of long stored hatching eggs. *Poult. Sci.* **74**: 1403-1410
- Wang, L.C. 1996. Antimicrobial effects of phosphoric acid and hydrogen peroxide on poultry meat microorganisms. MS thesis. Mississippi State University
- Williams, K.C. 1992. Some factors affecting albumen quality with particular reference to Haugh unit score. *Worlds Poult. Sci. J.* **48**: 5-16
- Woodward, S.A. and O.J. Cotterill. 1986. Texture and microstructure of heat formed egg white gel. *J. Food Sci.* **51**: 333-339
- Yang, S.C., and Baldwin, R.E. 1995. Functional properties of eggs in food. p. In *AEgg Science and Technology* 4th Ed. Ed. by Stadelman, W.J. and Cotterill O.J. Haworth Food Products Press Inc. NY. London