

## 계란의 저장에 따른 물리화학적 특성 평가 및 품질 인자 설정

김범근 · 박찬은 · 김병삼 · 김윤숙\*  
한국식품연구원

### Quality Factors Affecting Egg Freshness and Palatability During Storage

Bum-Keun Kim, Chan-Eun Park, Byung-Sam Kim, and Yoonsook Kim\*  
Korea Food Research Institute

**Abstract** This study investigated the effects of storage temperature and time on the physicochemical properties of eggs, and the relationship of quality factors with egg freshness and the palatability during storage. As storage temperature and time increased, weight loss significantly increased ( $p < 0.05$ ), while the specific gravity, Haugh unit, yolk index, albumen index, and yolk viscosity decreased significantly ( $p < 0.05$ ). A multiple regression equation of  $Y_1$  (freshness) =  $106.50286 - 0.81196X_1$  (weight loss) -  $77.51667X_5$  (specific gravity) -  $2.27156X_8$  (yolk pH) +  $0.00178X_{16}$  (yolk viscosity) with  $r^2 = 0.89$  was obtained for the evaluation of egg freshness. Also, sensorial palatability through the multiple regression equation was determined as  $Y_2$  (palatability) =  $104.98174 - 0.81466X_1$  (weight loss) -  $76.53434X_5$  (specific gravity) -  $2.20338X_8$  (yolk pH) +  $0.00178X_{16}$  (yolk viscosity) with  $r^2 = 0.89$  indicating that weight loss, specific gravity, yolk pH and yolk viscosity are major factors that affect the freshness and palatability of eggs during storage.

**Keywords:** egg, storage, physicochemical properties, freshness, palatability

## 서 론

계란은 좋은 품질의 단백질과 다양한 영양분을 갖는 우수한 축산물로 소비자들에게 인식되어 왔다(1). 국민의 식생활 개선으로 인하여 동물성 식품 중에서도 특히 계란의 소비량이 점차 증가하고 있으며, 신선도에 대한 소비자의 관심이 점차 높아지고 있다.

계란의 성분을 살펴보면 난각, 난백 및 난황으로 구성되어 있는데, 일반적으로 난각이 전체 중량의 10.5%를 차지하고 있으며, 나머지가 가식부분으로 난황이 약 31.0%, 난백이 약 58.5%를 차지하고 있는데 이 가식부분 중 75%가 수분이다(2). 이처럼 높은 수분함량으로 인해 저장과 유통과정에서 계란의 호흡 및 수분증발 등으로 내부의 품질 변화가 발생할 수 있다(3).

계란의 품질을 결정하는데 있어서 주요한 몇 가지 계란의 형질들로는 난중, 계란의 영양성분 구성, 계란 내 이물질의 혼입 여부, 계란의 신선도 및 난각의 강도 등이 있으며, 계란의 가공에 있어서는 난백:난황의 비율도 고려해야 할 사항이다(4,5). 계란의 신선도를 측정하는데 있어서 이용되는 몇가지 기준에는 난황막의 강도, 농후난백의 높이, 호우 유닛(Hough unit), 난백의 pH, 난황지수, 난각색의 변화, 내난각막에 알끈(chalaza)의 부착여부 등을 들 수 있다(6-11).

계란은 자체 미생물 방어 기능이 있어 보존성은 다른 식품에 비해 높은 편이나 유통과정에서 관리 부주의로 계란 내부의 품

질 하락 현상을 초래할 수 있고, 생산과 정의 위생적인 관리 부족으로 식중독의 원인이 되기도 한다(12).

본 연구에서는 계란의 저장기간 및 온도에 따른 중량감소율, 난각강도, 난각두께, Hough unit, 비중, 난황계수, 난백계수, 난황 pH, 난백 pH 등 물리화학적 특성을 평가하여 신선도와 전체적인 기호도를 계량적으로 제시할 수 있는 품질인자를 찾고자 이들의 상관관계를 분석하고 최적회귀모형을 도출하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 연구에서 사용된 계란은 2013년 2월 18일 경기도 이천에서 산란된 1등급 특란, 무정란으로 약 2,000개를 (주)이레축산(Gyeongbuk, Korea)에서 제공받았다. 온도별로 1°C, 10°C, 20°C, 30°C의 저장고에 보관하여 각각 105일, 105일, 23일, 9일 동안 저장기간 별로 분석하였다.

### 중량감소율

초기 중량과 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기 중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

### 난각강도 및 난각두께

난각강도 측정은 Texture analyzer (TA HD plus, Stable Micro Systems Ltd., Godalming, UK)를 이용하여 단단함(firmness)을 측정하였다. 계란을 plate에 올려놓고 고정시킨 후 중앙부위를 5 mm cylinder probe를 사용하여 파괴강도를 측정하였다. 이 때 실험조건은 pre test speed 10.00 mm/s, test speed 10.00 mm/s, post test speed 10.00 mm/s, distance 5 mm, load cell 25.00 kg으로 하였다.

\*Corresponding author: Yoonsook Kim, Korea Food Research Institute, Seongnam, Gyeonggi 463-746, Korea  
Tel: 82-31-780-9281  
Fax: 82-31-780-9114  
E-mail: kimyus@kfri.re.kr  
Received January 8, 2014; revised February 19, 2014;  
accepted February 20, 2014

난각두께는 1/150 mm까지 측정할 수 있는 버니어 캘리퍼스(CD-15CPX, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)를 이용하여 계란의 둔단부와 예단부를 배제한 부분에서 난각의 내막을 제거한 후 3부분을 측정하여 평균값을 나타내었다.

### 난황계수 및 난백계수

난황과 농후난백의 높이는 digimatic indicator (ID-C1050XB, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)를 이용하여 측정하였고, 직경은 버니어 캘리퍼스(CD-15CPX, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)를 이용하여 가로 및 세로로 측정하고 평균값을 나타내었다. 이후 난황계수 및 난백계수는 다음 식에 의해서 계산하였다(13).

$$\text{Yolk Index} = H_y / W_y$$

여기에서  $H_y$  : 난황높이(mm)

$W_y$  : 난황직경(mm)

$$\text{Albumen Index} = H_a / W_a$$

여기에서  $H_a$  : 농후난백의 높이(mm)

$W_a$  : 농후난백의 직경(mm)

### Haugh unit

Haugh unit은 계란의 무게(W)와 농후 난백의 높이(H, mm)를 측정하여 아래의 식으로 계산하였다(6). 이때 난백의 높이는 버니어 캘리퍼스(CD-15CPX, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)로 난황에서 1 cm 떨어진 지점을 측정하였다.

$$\text{Haugh unit} = 100 \times \log (H - 1.7W^{0.37} + 7.57)$$

여기에서 H : 농후난백의 높이

W : 계란의 질량

### 비중(Specific gravity)

계란의 비중은 saline floatation method (14)를 이용하여 측정하였다. 이때 계란 비중 측정에 이용된 NaCl 용액은 순도 99.5%의 시약용 NaCl을 20 L의 물에 각각 1.442 g, 1.764 g, 2.096 g, 2.435 g 및 2.790 g의 비율로 용해시켜 비중 1.050, 1.060, 1.070, 1.080 및 1.090의 용액을 제조하였으며, 비중계를 이용하여 비중을 측정하고 물과 NaCl을 추가로 첨가하여 정확하게 비중을 조정하였다.

### pH

계란의 난황과 난백을 분리한 후 각각 비커에 채취하여 균질기(Ultra-Turrax T25, Janke and Kunkel Ika-Labortechnik, Staufen, Germany)를 이용하여 2,000×g에서 약 1분간 균질화 한 후, pH meter (TA-70, DKK-TOA Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 pH를 측정하였다.

### 색도

계란의 난황과 난백을 분리한 후 색도계(CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 측정하였다. 측정 전 표준백판(L=97.75, a=0.49, b=1.96)으로 보정한 후 사용하였으며 L (명도, Lightness), a (적색도, redness), b (황색도, yellowness) 값으로 나타내었다.

### 점도

점도는 난황과 난백으로 분리하여 균질기(Ultra-Turrax T25, Janke and Kunkel Ika-Labortechnik, Staufen, Germany)를 이용하

여 2,000×g에서 약 1분간 균질화 한 후 Vibro viscometer (SV-10, A&D Company Ltd, Tokyo, Japan)로 온도 27±2°C에서, 50 rpm으로 측정하였다.

### TBARS value 측정

저장기간 중 지방 산패는 Witte 등(15)의 방법을 일부 수정하여 측정하였다. 즉, 난황 5 g에 7.2% butylated hydroxyanisole (BHA) 50 µL와 증류수 15 mL을 첨가하여 homogenizer (Ultra-Turrax T25, Janke and Kunkel Ika-Labortechnik, Staufen, Germany)를 이용하여 2,500 g에서 30초간 균질화 하였다. 균질액 1 mL를 시험관에 넣고 thiobarbituric acid와 4,6-Dihydroxy-2-mercaptopyrimidine (94%)를 각각 1 mL 씩 넣어 완전히 혼합한다. 90°C의 항온수조에서 15분간 열처리 후 냉각시켜 4°C에서 30분간 6,000×g의 속도로 원심분리 하였다. 원심분리한 시료의 상층액을 회수하여 분광광도계(V-570, Jasco, Tokyo, Japan)를 이용하여 540 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 kg 당 malonaldehyde (MA)의 mg 수로 나타내었다.

TBARS value (mg MA/kg sample)

= absorbance at 540 nm × 5.88

### 관능평가

관능평가는 신선도(Freshness)와 맛(Palatability)에 대한 2가지 방법으로 나누어서 관능요원 15명을 대상으로 실시하여 9점 척도법(매우 좋다: 9점, 좋다: 7점, 보통이다: 5점, 나쁘다: 3점, 매우 나쁘다: 1점)으로 나타내었다. 신선도의 경우 신선한 달걀을 깨뜨린 것을 제시한 후 종합적인 선호도를 평가하였으며, 맛의 경우 끓는 물에서 15분 동안 삶은 것을 제시한 후 종합적인 선호도를 평가하였다.

### 통계분석 및 회귀모형 도출

통계적 유의성은 Statistical Analysis System (SAS version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 분산분석(analysis of variance; ANOVA), 다중범위검정(Duncan's multiple range test)을 실시하였다.

모든 이화학적 측정항목은 3회 반복 실험하여 평균값으로 나타내었다. 계란의 여러 품질인자들에 대하여 저장기간에 따른 신선도와 전체적인 기호도에 영향을 주는 품질인자들을 도출하고자 통계적 기법을 사용하였다. 종속변수로 각각 계란의 신선도 및 전체적인 기호도를 설정하고 설명변수로 품질요인 측정치들인 19개 변수를 설정하여 분석하였다. 이때, 설명변수 간의 연관성을 보기 위하여 Statistical Analysis System (SAS version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)을 이용하여 상관분석을 실시하여 종속변수와 상관성이 큰 변수를 도출하였다. 또한 변수들과의 상관성이 높을 경우 종속변수를 잘 설명할 수 있는 변수를 찾는 데 어려움이 있으므로, 종속변수를 잘 설명할 수 있는 변수를 찾기 위한 다중회귀 분석(multi linear regression)을 실시하여 각 종속변수에 대한 최종 모형을 도출하였다. 이러한 변수선택 방법으로 단계적 회귀분석 방법(stepwise regression method)으로 분석하여 최종 모형을 도출하였다.

## 결과 및 고찰

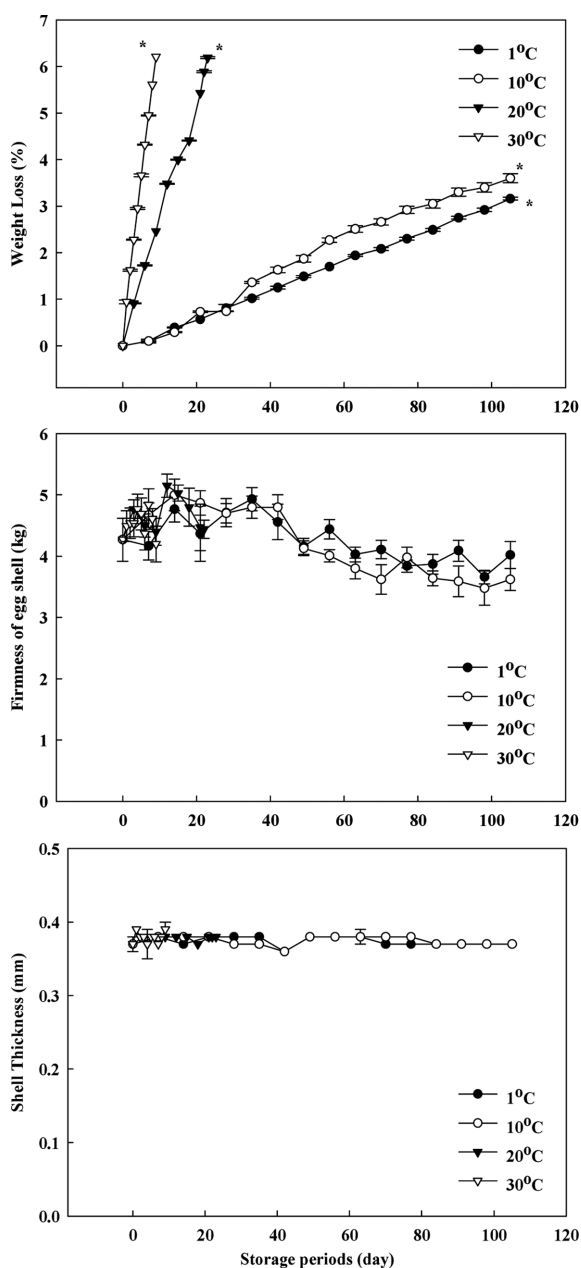
### 중량감소율

계란의 저장온도 및 기간에 따른 중량감소율 변화를 Fig. 1에

나타내었다. 중량감소율의 경우 저장온도에 관계없이 저장기간에 따라 유의적으로 증가하였다( $p < 0.05$ ). 저장온도별로 살펴보면 1°C와 10°C에서 약 105일간 저장하였을 경우 각각 3.16%와 3.60%를 나타내었으며, 20°C와 30°C에서 약 23일간 저장하였을 경우 각각 6.19%와 6.21%를 나타내었다. 저장에 따른 중량의 감소는 큐티클 층을 통한 수분 휘발에 기인하며, 저온과 고온에서 값이 차이가 나는 것은 저온에서 저장할 경우 고온에서의 경우에 비하여 계란껍질의 큐티클층의 건조가 느리기 때문에 중량 감소율이 낮게 나타나는 것으로 보고되어 있다(16).

**난각강도 및 난각두께**

저장온도와 기간에 따른 계란의 난각강도 및 난각두께에 대한 결과는 Fig. 1과 같다. 난각강도의 경우 초기값(4.27 kg)에 비해서 1°C에서 저장할 경우 약 35일(4.93 kg)까지 유의적으로 증가



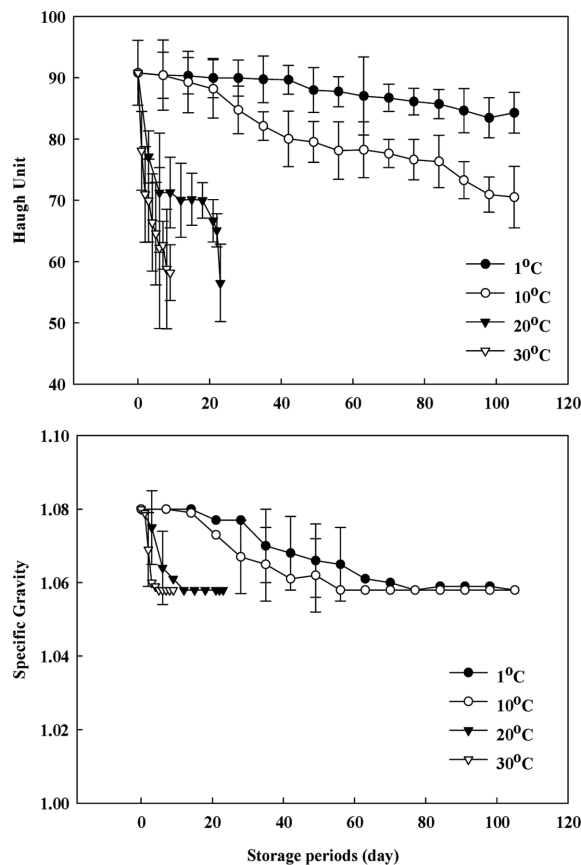
**Fig. 1.** Changes in weight loss, firmness and thickness of egg shell during the storage at different temperatures.

하였고 10°C에서 저장할 경우 약 21일(4.87 kg)까지 유의적으로 증가하는 경향을 나타내었다( $p < 0.05$ ). 한편 20°C에서 저장할 경우 12일(5.03 kg)까지, 30°C에서 저장할 경우 7일(4.84 kg)까지 유의적으로 증가하는 것을 알 수 있었다( $p < 0.05$ ). 이처럼 저장 온도가 증가할수록 더 빠르게 난각 강도가 증가하는 것은 높은 저장 온도에서 수분 손실량이 커지는 것에 기인하는 것으로 알려져 있다(4). 한편, 온도별 최대 난각강도를 나타낸 이후부터는 크게 증가하는 경향을 보이지 않았다.

난각강도와 달리 난각두께의 경우 초기값(0.37 mm)과 비교해서 저장온도 및 기간에 따라 큰 차이를 나타내지 않았는데( $p > 0.05$ ), 이러한 결과를 살펴볼 때 수분 손실량이 난각두께에는 영향을 미치지 않는 것으로 판단된다.

**Haugh unit**

저장기간 및 온도에 따른 Haugh unit 값의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. Haugh unit 측정 결과 초기값이 약 90.80을 나타내었으며, 저장기간에 따른 결과 1°C의 경우 70일, 10°C의 경우 28일, 20°C의 경우 3일, 30°C의 경우 1일 이후부터 유의적으로 감소하는 것을 알 수 있었다( $p < 0.05$ ). Haugh unit은 난백의 품질을 평가하는 지표가 되는 값으로서, 그 값이 높을수록 고품질의 계란이라고 알려져 있다(17). 한편, 국내에서는 4가지 등급(72 이상일 경우 A, 60-71일 경우 B, 40-59일 경우 C, 40 미만일 경우 D)으로 구분하고 있다. 본 연구결과에 의하면 1°C에서는 3개월 이상, 10°C에서는 약 3개월, 20°C에서는 약 1주일, 30°C에서는 약 2일간 고품질이 유지되는 것을 알 수 있었다. 한편 미국에서는 Haugh unit에 따라 3가지 등급(72 이상일 경우 AA, 60-71일 경우 A, 60



**Fig. 2.** Changes in haugh unit and specific gravity of eggs during the storage at different temperatures.

이하일 경우 B)으로 정하고 있다(18). 이와 관련하여 Haugh unit 은 계란의 신선도 및 내부 품질을 평가하는 주요 지표이며, 보관 온도는 계란의 신선도에 직접적인 영향을 미친다는 결과가 보고 된 바 있다(19). 또한 이러한 결과는 저장온도가 높을수록 Haugh unit이 유의적으로 낮게 나타났다고 하는 연구결과와도 일치하는 것을 알 수 있다(20).

**비중**

저장온도 및 기간에 따른 비중 값의 변화를 Fig. 2에 나타내었다. 비중 측정 결과 초기값이 약 1.08을 나타내었으며, 저장온도에 관계없이 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었으며( $p < 0.05$ ), 저장온도가 높을수록 더 빠르게 감소하는 것을 알 수 있다. 저장에 따른 계란의 비중 감소 원인은 저장 기간 동안 수분의 증발에 의한 기실 크기의 증가 때문인 것으로 알려져 있다(21).

**난황계수 및 난백계수**

저장기간 및 온도에 따른 난황계수 난백계수 값의 변화를 Fig. 3에 나타내었다. 난황계수를 측정된 결과 초기값이 약 0.5를 나타내었으며, 저장기간에 따른 결과 1°C의 경우 84일, 10°C의 경우 42일, 20°C의 경우 3일, 30°C의 경우 1일 이후부터 유의적으로 감소하는 것을 알 수 있었다( $p < 0.05$ ). 난황계수로 측정되는 난황의 품질 변화는 난황막의 점진적인 약화를 나타내는 척도로서 신선한 계란의 난황계수는 0.40 이상이며, 0.25이하인 계란을 할란할 경우 난황의 형태가 쉽게 파괴된다고 알려져 있다(17). 본 연구결과에 따르면, 1°C와 10°C에서는 약 3개월, 20°C에서는 약 3주, 30°C에서는 약 1일간 유지되는 것을 알 수 있다. 저장 중

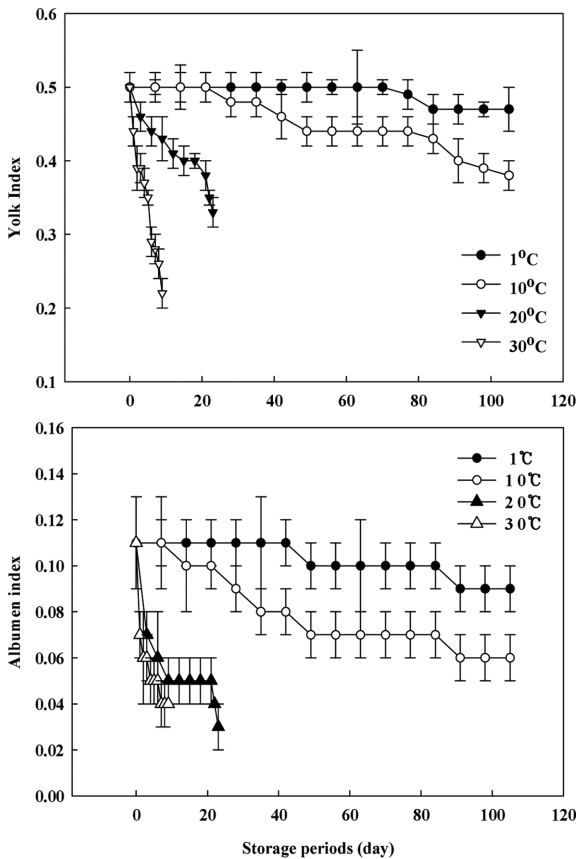
난황계수의 감소 원인은 난황막의 약화에 의한 것이며 저장 중에 난백의 수분이 난황막을 통하여 난황으로 이행됨으로써 난황의 높이는 낮아지고 직경은 커지게 된다. 저장 기간이 길어지고 저장 온도가 높아질수록 수분 이행도도 더욱 빨리 진행되어 결국에는 난황막이 파열됨으로써 난황과 난백이 혼합된다고 한다(17).

난백계수를 측정된 결과 초기값이 약 0.11을 나타내었으며, 저장기간에 따른 결과 1°C의 경우 70일, 10°C의 경우 28일, 20°C의 경우 3일, 30°C의 경우 1일 이후부터 유의적으로 감소하는 것을 알 수 있었다( $p < 0.05$ ).

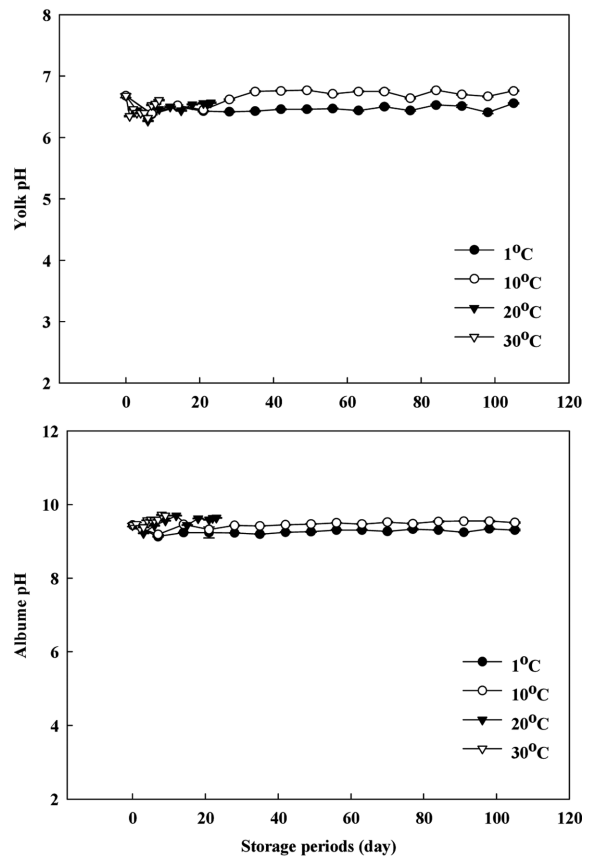
**pH**

저장기간 및 온도에 따른 난황 및 난백의 pH 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 난황 pH를 측정된 결과 초기값이 약 6.68을 나타내었으며, 저장기간 및 온도에 따라 큰 차이를 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ).

난백 pH를 측정된 결과 초기값이 약 9.44를 나타내었으며, 저장기간에 따른 결과 1°C와 10°C의 경우 큰 변화가 없었다( $p > 0.05$ ). 반면 20°C와 30°C에서 저장할 경우 상이한 결과를 나타내었는데 20°C에서는 약 3주 후 6.57로, 30°C에서는 약 9일 후 6.61로 유의적으로 증가하였으며 20°C보다 30°C에서 더 빠르게 증가하는 것을 알 수 있었다( $p < 0.05$ ). 일반적으로 pH의 증가는 알부민 단백질의 미생물변식 억제 기능을 제한하게 되어 계란의 신선도가 떨어지게 하는 원인이 되고(22), 난백의 pH 증가는 계란으로부터 CO<sub>2</sub>의 소실을 동반하게 되므로(23) 계란의 신선도 유지를 위해 플라스틱 백에 계란을 보관하거나 계란의 표면을 여러 코팅 재료들로 도포하여 난백의 pH의 상승과 CO<sub>2</sub>의 소실을 억제하기도



**Fig. 3. Changes in yolk index and albumen index of eggs during the storage at different temperatures.**



**Fig. 4. Changes in the pH of yolk and albumen of eggs during the storage at different temperatures.**

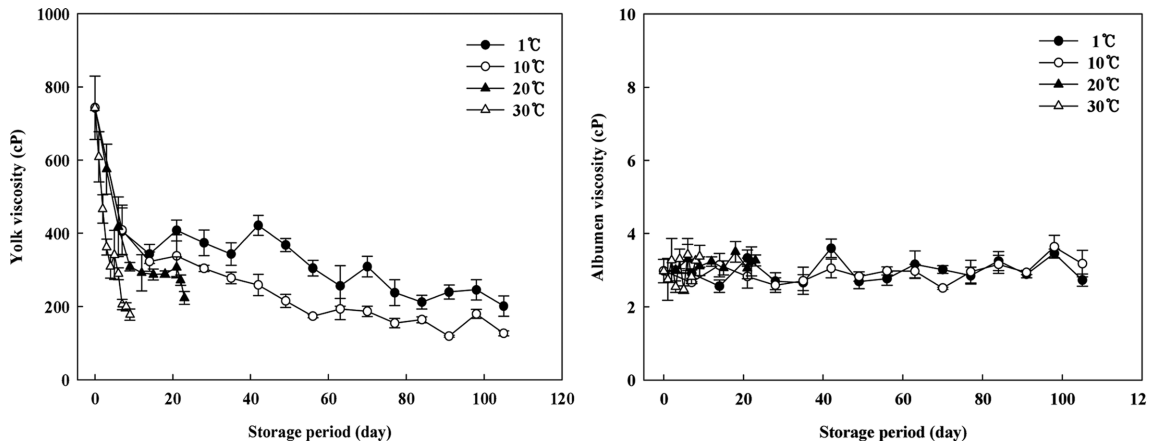


Fig. 5. Changes in the viscosity of yolk and the albumen during the storage at different temperatures.

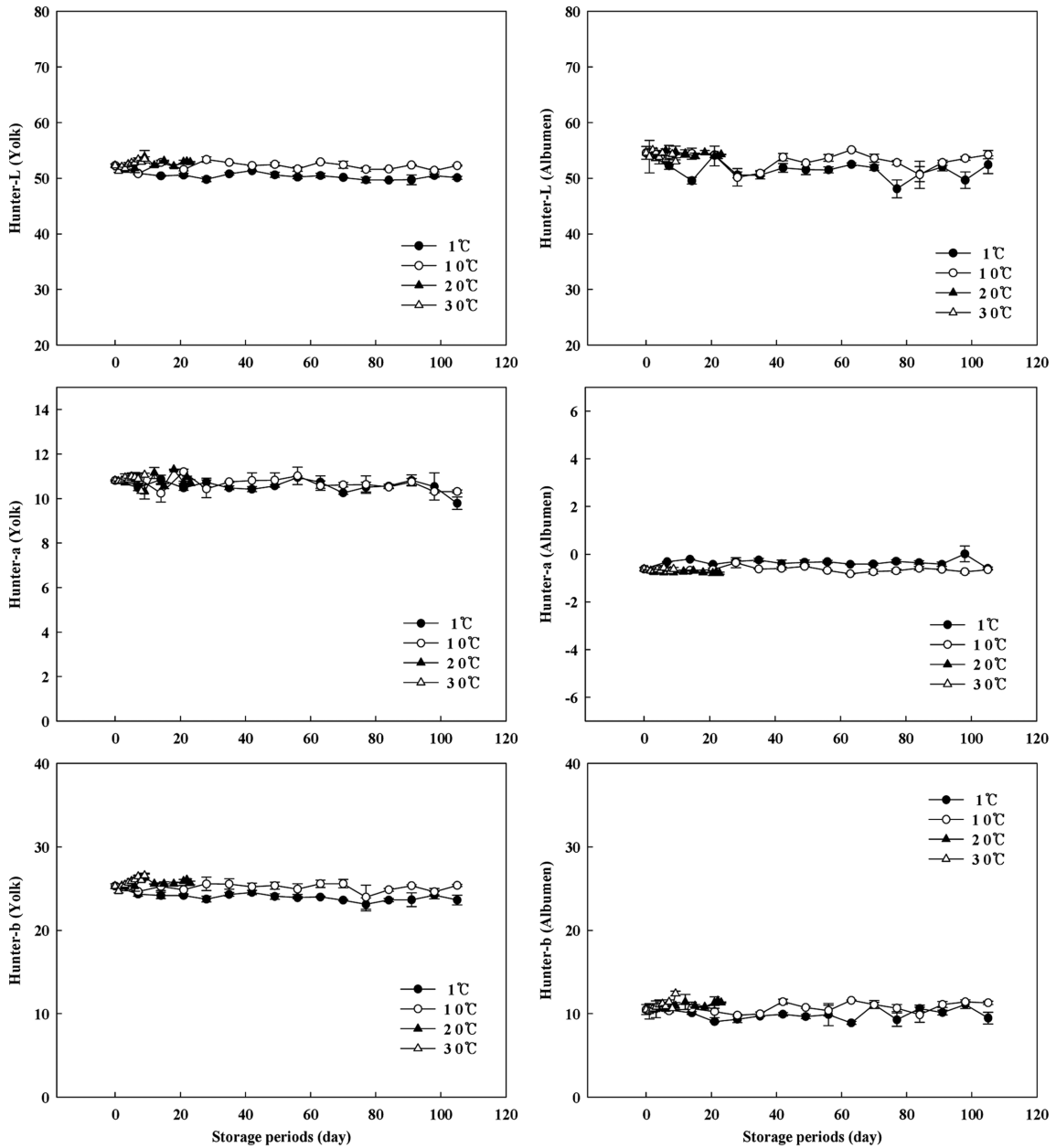


Fig. 6. Changes in the color of yolk and albumen during the storage at different temperatures.

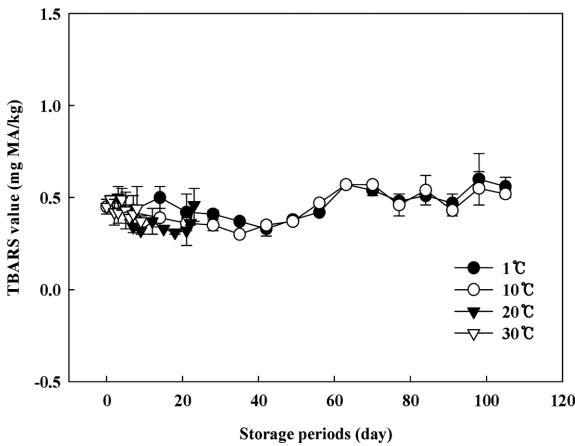


Fig. 7. Changes in TBARS value of eggs during the storage at different temperatures.

한다(24). 본 연구결과에서도 계란의 신선도를 판단함에 있어서 난황 보다 난백의 pH가 중요한 인자로 작용함을 알 수 있었다.

**점도 및 색도**

저장기간 및 온도에 따른 난황 및 난백의 점도 변화를 Fig. 5에 나타내었다. 난황 점도를 측정된 결과 초기값이 약 743 cp를 나타내었으며, 저장기간에 따라 1°C와 10°C에서 약 105일 저장 후 201 cp와 127 cp로, 20°C에서 약 23일 저장 후 223 cp로, 30°C에서 약 9일 저장 후 177 cp로 유의적으로 감소하였으며, 저장 온도가 높을수록 그 감소폭이 더 큰 것을 알 수 있었다 ( $p < 0.05$ ). 난백 점도를 측정된 결과 초기값이 약 2.98 cp를 나타내었으며, 저장기간 및 온도에 따라 증가하거나 감소하는 경향을 나타내지 않았다( $p > 0.05$ ). 일반적으로 계란의 점도는 저장에 따라 감소하며 신선도 평가에 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며, 이를 유지하기 위하여 사료에 천연초, 식이유황 등을 첨가하여 점도 감소를 지연하는 연구결과도 보고된 바 있다(25). 본 연구결과에서도 계란의 신선도를 판단함에 있어서 난백 점도 보다 난황 점도가 중요한 인자로 작용함을 알 수 있었다. 저장기간 및 온도에 따른 난황 및 난백의 색도 변화를 Fig. 6에 나타내었다.

본 연구결과에서는 저장기간 및 온도에 따라 색도의 변화는 크게 발견되지 않았다( $p > 0.05$ ). 난황색은 계란의 품질 지표 중의 하나로 사용되고 있으며 난황의 색상성분은 계란의 기호성과 밀접한 관련이 있는데 색상성분의 함량이 높을수록 기호성이 높아진다고 알려져 있다(26).

**TBARS value 측정**

저장기간 및 온도에 따른 TBARS 값 변화를 Fig. 7에 나타내었다. TBARS 값을 측정된 결과 초기값이 약 0.45 mgMA/kg를 나타내었으며, 저장기간에 따른 결과 유의적인 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 일반적으로 TBARS 값은 저장 중 지질 산화의 진행 상태를 평가하는 지표로서, 시간의 경과, 저장온도, 지방산의 조성, 산소의 활성, 항산화제 등의 여러 요인에 의해 영향을 받는다고 알려져 있다(27).

**관능평가**

저장기간 및 온도에 따른 관능평가 결과를 Fig. 8에 나타내었다. 신선도(Freshness)의 경우 저장기간에 따라 유의적으로 감소하였으며, 저장 온도가 높을수록 그 감소폭이 더 큰 것을 알 수 있

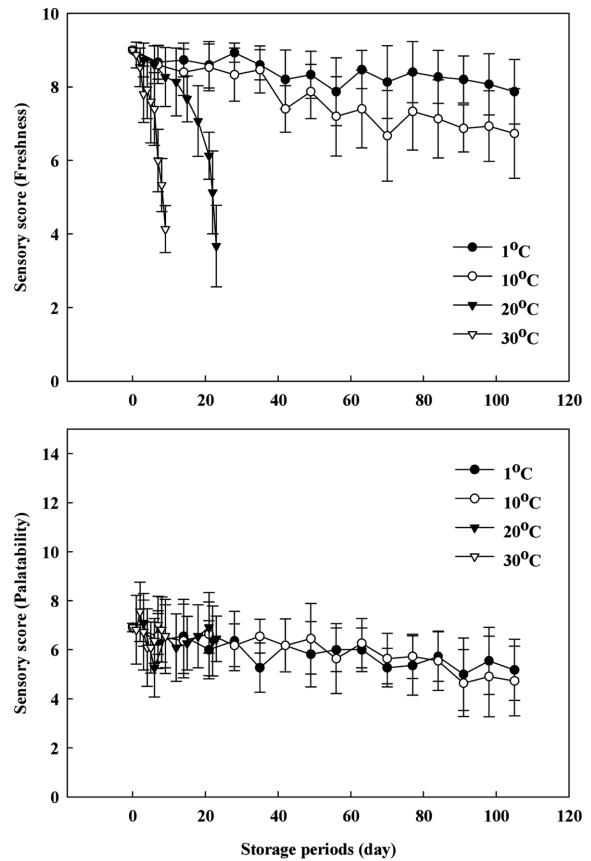


Fig. 8. Changes in sensory scores of eggs during the storage at different temperatures.

었다( $p < 0.05$ ). 맛(Palatability)의 경우 저장기간에 따라 감소하는 경향을 나타내었으나, 온도에 따른 차이는 나타나지 않았다( $p > 0.05$ ). 조리하지 않은 계란을 이용한 신선도의 경우 저장에 따른 물리화학적 특성 변화 값이 반영되어 저장온도에 따른 차이가 크게 발생된 것으로 판단되어지나, 삶은 계란을 이용한 맛의 평가에서는 차이가 크지 않은 것으로 보여진다.

**계란의 관련변수에 대한 상관관계 및 회귀모형 도출**

계란의 신선도를 판정할 수 있는 품질지표를 선정하기 위하여 계란의 신선도 및 전체적인 기호도에 대한 각 품질 특성들과의 상관관계를 분석하였는데, 그 결과를 Table 1에 나타내었다.

계란의 품질을 잘 설명할 수 있는 독립변수들에 대하여 상관분석 및 회귀분석을 실시하였다. 이때 종속변수(y)로 계란의 신선도와 전체적인 기호도를 설정하였고 이에 대한 독립변수로 중량감소율, 난각강도, 난각두께, Haugh unit, 비중, 난황계수, 난백계수, 난황색도(L, a, b), 난백색도(L, a, b), 난황점도, 난백점도, TBARS, 총균수의 19개의 이화학적 측정치를 사용하였다.

신선도에 대하여  $X_1$  (중량감소율),  $X_4$  (Haugh unit),  $X_6$  (난황계수),  $X_7$  (난백계수),  $X_9$  (난백 pH)의 상관계수가 각각 -0.882, 0.781, 0.808, 0.741, -0.704로 아주 밀접한 관련이 있으나,  $X_2$  (난각강도),  $X_{11}$  (난황 색도a),  $X_{18}$  (TBARS)의 상관계수는 0.063, -0.088, 0.060으로 매우 낮으므로 관련성이 적은 것으로 보여진다. 이상의 결과를 토대로 계란의 신선도와 물리화학적 특성간의 관계를 알아보고자 상관계수 값이 0.1 이하의 변수들을 제외하고 회귀분석을 실시한 결과  $r^2=0.89$ 의 높은 선형을 가지는

**Table 1. Pearson correlation coefficient between physicochemical properties and freshness or palatability of egg**

Quality characteristics	Correlation coefficient (r)	
	Y <sub>1</sub> (Freshness)	Y <sub>2</sub> (Palatability)
X <sub>1</sub> (Weight loss)	-0.882	-0.887
X <sub>2</sub> (Shell strength)	0.063	0.072
X <sub>3</sub> (Shell thickness)	-0.187	-0.184
X <sub>4</sub> (Haugh unit)	0.781	0.775
X <sub>5</sub> (Specific gravity)	0.625	0.631
X <sub>6</sub> (Yolk index)	0.808	0.802
X <sub>7</sub> (Albumen index)	0.741	0.736
X <sub>8</sub> (Yolk pH)	-0.283	-0.275
X <sub>9</sub> (Albumen pH)	-0.704	-0.686
X <sub>10</sub> (Yolk L)	-0.488	-0.467
X <sub>11</sub> (Yolk a)	-0.088	-0.077
X <sub>12</sub> (Yolk b)	-0.510	-0.491
X <sub>13</sub> (Albumen L)	-0.206	-0.191
X <sub>14</sub> (Albumen a)	0.414	0.399
X <sub>15</sub> (Albumen b)	-0.613	-0.608
X <sub>16</sub> (Yolk viscosity)	0.569	0.573
X <sub>17</sub> (Albumen viscosity)	-0.199	-0.191
X <sub>18</sub> (TBARS value)	0.060	0.056
X <sub>19</sub> (Total aerobic bacteria)	0.281	0.297

$Y_1 = 106.50286 - 0.81196X_1 - 77.51667X_3 - 2.27156X_8 + 0.00178X_{16}$ 의 후진제거법의 선형 회귀식이 최적 모형으로 산출되었다(Table 2). 계란의 신선도는 중량감소율, 비중, 난황 pH 및 난황점도를 통해 전체 모형의 89%를 설명하였고, 유의확률은 0.05 이하로 매우 유의하여 계란의 신선도에 영향을 미친다고 할 수 있다.

계란의 전체적 기호도와 각 품질 특성들과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 1과 같았다. 전체적인 기호도에 있어서 X<sub>1</sub> (중량감소율), X<sub>4</sub> (Haugh unit), X<sub>6</sub> (난황계수), X<sub>7</sub> (난백계수)의 상관계수가 각각 -0.887, 0.775, 0.802, 0.736으로 아주 밀접한 관련이 있으나, X<sub>2</sub> (난각강도), X<sub>11</sub> (난황 색도 a)은 0.0072, -0.077로 상관관계수가 매우 낮으므로 관련성이 적다고 판단된다. 이상의 결과를 토대로 계란의 전체적인 기호도와 물리화학적 특성간의 관계를 알아보려 상관계수 값이 0.1 이하의 변수들을 제외하고 회귀분석을 실시한 결과  $r^2=0.89$ 의 높은 선형을 가지는  $Y_2 = 104.98174 - 0.81466X_1 - 76.53434X_3 - 2.20338X_8 + 0.00178X_{16}$ 의 후진제거법의 선형 회귀식이 최적 모형으로 산출되었다(Table 2). 계란의 전체적인 기호도는 중량감소율, 비중, 난황 pH 및 난황점도를 통해 전체 모형의 89%를 설명하였고, 유의확률이 0.05 이하로 매우 유의하여 계란의 전체적인 기호도에 영향을 미친다고 할 수 있다.

## 요 약

본 연구에서는 저장 온도 및 기간에 따른 계란의 물리화학적 특성 변화를 관찰하고 이들과 신선도 및 전체적인 기호도 간의

상관관계 분석 및 최적 회귀모형 도출을 통한 적정 품질 지표를 규명하고자 하였다. 물리화학적 평가지표 중 중량감소율의 경우 저장온도가 증가할수록 유의적으로 증가하였으며, 비중, Haugh unit, 난황계수 및 난백계수의 경우 저장 온도가 증가할수록 유의적으로 감소하는 경향을 나타내었다. 난황의 경우 저장기간 및 온도에 따라 pH 값이 큰 차이를 나타내지 않은 반면, 난백의 경우 저장에 따라 pH가 증가하는 경향을 나타내었다. 난황점도의 경우에는 저장 기간에 따라 유의적으로 감소하였으며, 특히 저장 온도가 높아질수록 더 빠르게 감소하였다. 반면 난백점도, 색도 및 TBARS 값의 경우 저장 온도와 기간에 따라 큰 차이를 보이지 않았다. 상관분석 결과 신선도에 있어서는 중량감소율, Haugh unit, 난황계수, 난백계수, 난황 pH가 매우 밀접한 관련성을 나타내었고, 전체적인 기호도에 있어서는 중량감소율, Haugh unit, 난황계수, 난백계수가 매우 밀접한 관련성을 나타내었다. 상관분석 결과를 이용하여 회귀분석을 하였는데, 신선도와 전체적인 기호도 모두 중량감소율, 비중, 난황 pH 및 난황점도가 전체 모형의 89%를 나타내는 선형 회귀식이 도출되었다.

## References

- Cancer C. The effect of edible eggshell coating on egg quality and consumer perception. *J. Sci. Food Agr.* 85: 1897-1902 (2005)
- Lee JC, Kim SH, Sun CW, Kim CH, Jung S, Lee JH, Jo C. Comparison of principle components and internal quality of eggs by age of laying hens and weigh standard. *Korean J. Poult. Sci.* 40: 49-55 (2013)
- Kim NG, Hong YK, Lee DG, Cho SH, Koh KC, Bahn SH, Hwang H, Yoon WB. Development of an image analysis system to evaluate the freshness of eggs. *Food Eng. Prog.* 17: 76-83 (2013)
- Suk YO, Kwon JT. Effects of egg storage, storage temperature, and insemination of hens on egg quality. *Korean J. Poult. Sci.* 31: 203-212 (2004)
- Nahm KH. A strategy for quality poultry egg production II. Egg interior quality; Cholesterol content, egg yolk pigmentation, controlling egg weight and organic eggs. *Korean J. Poult. Sci.* 27: 133-153 (2000)
- Haugh RR. The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poult. Mag.* 43: 552-555 (1937)
- Liljedahl LE, Gavora JS, Fairful RW, Gowe RS. Age changes in genetic and environmental variation in laying hens. *Theor. Appl. Genet.* 67: 391-401 (1984)
- Sathe V, Khan AG. Influence of dietary energy and protein levels on egg quality in mild and peak summer seasons. *Indian J. Poult. Sci.* 30: 148-151 (1995)
- Kirunda DFK, McKee SR. Relating quality characteristics of aged eggs and fresh eggs to vitelline membrane strength as determined by a texture analyzer. *Poultry Sci.* 79: 1189-1193 (2000)
- Scott TA, Silversides FG. The effect of storage and strain of hen on egg quality. *Poultry Sci.* 79: 1725-1729 (2000)
- Silversides FG, Scott TA. Effect of storage and layer age on quality of eggs from two lines of hens. *Poultry Sci.* 80: 1240-1245 (2001)
- Lee SH, No HK, Jeong YH. Effect of chitosan coating on quality of egg during storage. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 25: 288-293 (1996)
- Funk EM. The relation of yolk index determined in natural position to the yolk index as determined after separating the yolk from the albumin. *Poultry Sci.* 27: 367 (1948)

**Table 2. Regression equation and regression coefficient between physicochemical properties and freshness or palatability of egg**

Responses	Regression equation	r <sup>2</sup>
Y <sub>1</sub> (Freshness)	$Y_1 = 106.50286 - 0.81196X_1 - 77.51667X_3 - 2.27156X_8 + 0.00178X_{16}$	0.89
Y <sub>2</sub> (Palatability)	$Y_2 = 104.98174 - 0.81466X_1 - 76.53434X_3 - 2.20338X_8 - 0.00178X_{16}$	0.89

14. Hempe JM, Lauxen RC, Savage JE. Rapid determination of egg weight and specific gravity using a computerized data collection system. *Poultry Sci.* 67: 902-907 (1988)
15. Witte VC, Krause GF, Bailey ME. A New extraction method for determining 2-thiobarbituric acid values of pork and beef during storage. *J. Food Sci.* 35: 582-585 (1970)
16. Alsobayel AA, Almarshade MA, Albadry MA. Effect of breed, age and storage period on egg weight, egg weight loss and chick weight of commercial broiler breeders raised in Saudi Arabia. *J. Saudi Soc. Agr. Sci.* 12: 53-57 (2013)
17. Stadelman WJ, Cotterill OJ. *Egg Science and technology* (4th ed.). New York: Food Products Press. pp. 37-65 (1995)
18. USDA. *USDA Egg-Grading Manual*. Agricultural Handbook No.75, Washington, WA, USA (2000)
19. Wardy W, Torrico DD, Jirangrat W, No HK, Saalia FK, Prinyawitkul W. Chitosan-soybean oil emulsion coating affects physico-functional and sensory quality of eggs during storage. *LWT-Food Sci. Technol.* 44: 2349-2355 (2011)
20. Sabrani M, Payne CG. Effect of oiling on internal quality of eggs stored at 28 and 12°C. *Brit. Poultry Sci.* 19: 567-571 (1978)
21. Kim HT, Ko HJ, Kim KY, Kato K, Kita Y, Nishizu T. Determination of egg freshness and internal quality measurement using image analysis. *J. Biosystems Eng.* 32: 166-172 (2007)
22. Akyurek H, Okur AA. Effect of storage time, temperature and hen age on egg quality in free-range layer hens. *J. Anim. Vet. Adv.* 8: 1953-1958 (2009)
23. Jin YH, Lee KT, Lee WI, Han YK. Effects of storage temperature and time on the quality of eggs from laying hens at peak production. *Asian-Australasian J. Anim. Sci.* 24: 279-284 (2011)
24. Hong WP, Jeong YH, Ahn YH. Effects of sodium alginate coating on egg quality during storage. *J. East Asian Soc. Dietary Life* 17: 822-826 (2007)
25. Park SM, Ahn IS, Hong SM, Kim DS, Kwon DY, Yang HJ. The effects of the supplementation of *Opuntia humifusa* water extracts and methyl sulfonyl methane on the laying productivity, egg quality and sensory characteristics. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 39: 294-300 (2010)
26. Min BJ, Lee KH, Lee SK. Effect of dietary xanthophylls supplementation on pigmentation and antioxidant properties in the egg yolks. *J. Anim. Sci. Technol.* 45: 847-856 (2003)
27. Pyun CW, Hong GE, Jang SH, Kim JM, Kim SK, Lee CH. A method for measuring lipid peroxidation of freeze-dried egg yolk by using chemiluminescence analyzer. *Korean J. Food Sci. An.* 32: 98-102 (2012)