

Choosing quality indicators for quality prediction of egg in circulation

Hye-Ok Lee, Ji-Young Kim, Byeong-Sam Kim*

Korea Food Research Institute, Seongnam 463-746, Korea

계란의 유통 중 품질예측을 위한 품질지표 선정

이혜옥 · 김지영 · 김병삼*

한국식품연구원

Abstract

This study was conducted to identify quality indicators of the freshness of chicken eggs circulating in domestic markets. We first stored freshly-laid eggs at temperatures of 0, 10, 20, and 30 °C, investigated their weight-loss rate, specific gravity, color, yolk index, albumen index, Haugh unit (HU), pH, and sensory evaluation, and finally analyzed the correlation between each quality characteristic and the sensory preference. At all the storage temperatures, the quality characteristics of the weight-loss rate, specific gravity, yolk index, albumen index, and HU showed significant correlations ($p < 0.05$) with the preference. In particular, the temperature-dependent correlation between the quality characteristics and the sensory preference was significantly higher with increasing storage temperatures and weight-loss rates ($r = -0.78$; $r = -0.93$; $r = -0.95$; and $r = -0.99$), albumen index ($r = 0.66$; $r = 0.89$; $r = 0.89$; and $r = 0.93$), and HU values ($r = 0.64$; $r = 0.92$; $r = 0.96$; and $r = 0.98$) at 0, 10, 20, and 30 °C, respectively ($p < 0.01$). The Color and pH examinations yielded disparate results, and further research is needed to determine the methods of using the characteristics as quality indicators. We believe that the changes in the weight-loss rate, specific gravity, yolk index, albumen index, and HU are adequate quality indicators of the freshness of egg in circulation.

Key words : egg, temperature, sensory evaluation, correlation, quality indicator

서론

계란은 단백질, 지방, 비타민, 무기질 등을 골고루 함유하고 있는 자연계에 존재하는 완전한 식품으로 비교적 저렴한 비용으로 인체가 필요로 하는 모든 영양소를 제공할 수 있는 경제적인 식량자원이다(1). 또한 계란은 일반 가정의 조리 재료뿐만 아니라 기포성, 기포 안정성, 유화성, 보수성, 응고성, 보호 교질성 등의 물리적 성질을 제공하므로 각종 식품가공에 다양하게 이용되고 있다(2).

세계 계란 생산량은 1980년대부터 꾸준히 증가하여 현재 62,840천톤 수준이며 나라별 생산량으로는 중국, 미국, 인도, 멕시코 순이며 우리나라는 세계 22위 생산국이다(3). 농림수산식품 주요 통계(MIFAFF, 2011)에 보고된 자료에 의하면 우리나라 채란 양계산업의 총생산액은 2011년 기준

13,409억 원으로 2005년 대비 23.5% 증가하였으며, 그에 따른 소비량도 꾸준히 증가하고 있는 추세이다(4). 그러나 계란은 수분함량이 높아 저장과 유통과정에서 계란의 호흡 및 수분증발 등으로 내부의 품질 저하가 발생 할 수 있다는 단점을 가지고 있어 안정성에 많은 논란의 여지를 남기고 있다(5). 실제로 계란의 유통경로는 매우 복잡하며 양계장에서 생산된 계란의 출하기간이 대규모 농가를 제외한 대부분의 농가에서 실온에서 방치되고 있다. 또한 도매상이나 소매상으로 거쳐 소비자에게 판매되는 과정에서도 많은 시간이 소요되며, 특히 외부기온이 높은 하절기에는 신선도 유지에 큰 문제점이 될 수 있다(6). 이처럼 국내의 계란 유통구조의 긴 유통기간과 제대로 표시되지 않은 유통기한, 복잡한 유통구조, 그리고 상온에서의 유통 등이 계란의 품질을 일정하게 유지하기가 어려운 실정이다(7,8).

최근 식품의 안정성 확보를 위해 식품의 원재료부터 가공 및 유통단계, 소비자가 구입하여 섭취할 때까지의 모든

*Corresponding author. E-mail : bskim@kfri.re.kr
Phone : 82-31-780-9142, Fax : 82-31-780-9144

단계에서 식품내외에 존재하는 위해요소를 정확히 규명하고 그 노출로부터 초래될 위해성 발생확률을 과학적인 데이터에 기반을 둔 접근 방법의 중요성이 강조되고 있다(9,10). 그러므로 계란을 일정 수준의 품질이 유지되는 기간이 어느 정도 될 것인가를 사전에 예측하여 소비자에게 제공하는 것은 매우 중요한 과제이며, 이를 위해서는 식품의 신선도를 가장 잘 대표할 수 있는 지표로 선정하는 작업이 필요하다.

따라서 본 연구에서는 계란의 유통 중 신선도를 판정하기 위하여 산란 직후 0, 10, 20 및 30℃에서 저장하면서 중량감모율, 비중, 색도, 난황계수, 난백계수, Haugh unit(HU), pH 및 관능특성 변화를 조사한 후 각 품질특성과 관능적 기호도와의 상관관계를 분석하여 적정 품질지표를 규명하고자 수행되었다.

재료 및 방법

재료 및 저장

본 실험에 사용된 계란은 1+등급 특란인 무정란으로 2013년 4월 8일 경기도 이천에서 산란된 것을 구입하여 사용하였다. 계란은 Fig. 1과 같이 10개 단위(600~700g)로 포장(pulp mold, 40mm, Green Environtech Co., Ltd., Gyeonggi, Korea)된 것을 0, 10, 20 및 30℃ 저장고에 저장하면서 품질분석 및 관능검사를 실시하였다.



Fig. 1. Appearance of packed egg.

중량감모율

초기중량과 일정기간 경과 후 측정된 중량의 차이를 초기중량에 대한 백분율(%)로 나타내었다.

비중

비중은 축산물의 가공기준 및 성분규격의 원료란의 시험법 중 비중에 의한 검사법을 준용하였다. 8%, 10% 및 11% 식염수 2 L를 제조하여 비커에 담고, 측정하고자 하는 검체를 식염수에 띄어 부유되는 정도를 통해 측정하였다. 8%의 식염수에 떠오르는 경우 비중 1.058, 8%의 식염수에 가라앉고 10%의 식염수에 떠오르는 경우 비중 1.060, 10%의 식염

수에 가라앉고 11%의 식염수에 떠오르는 경우 비중 1.073 그리고 11%의 식염수에 가라앉은 경우 비중 1.080로 측정치를 산출하였다.

색도

계란의 난황과 난백의 색도는 색도계(CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan)를 이용하여 L값(명도, lightness), a값(적색도, redness), b값(황색도, yellowness)으로 표시하였고, 이때 표준백판의 L값은 97.75, a값은 0.49, b값은 1.96인 것을 사용하였다.

난황계수

난황의 높이는 digimatic indicator(ID-C1050XB, Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)를 이용하여 측정하였고, 난황의 직경은 digimatic caliper(CD-15CPX, Mitutoyo Co.)를 이용하여 가로 및 세로로 측정하고 평균값을 나타내었다. 각 측정값은 다음 식에 의하여 난황계수를 산출하였다.

$$\text{난황계수} = \text{난황높이(mm)} / \text{난황직경(mm)}$$

난백계수

농후난백의 높이는 digimatic indicator를 이용하여 측정하였고, 농후난백의 직경은 digimatic caliper를 이용하여 장축과 단축을 90도 방향으로 측정하고 두 값의 평균을 나타내었다. 각 측정값은 다음 식에 의하여 난백계수를 산출하였다.

$$\text{난백계수} = \text{농후난백의 높이(mm)} / \text{농후난백의 직경(mm)}$$

Haugh unit

Haugh unit은 계란의 무게를 측정 한 후, 수평으로 놓여진 평판 위에 할란하여 농후난백의 높이를 측정하였다. 다음 공식에 대입하여 Haugh unit 값을 산출하였다.

$$\text{Haugh unit} = 100 \times \log(\text{농후난백의 높이} + 7.57 - 1.7 \times \text{난중}^{0.37})$$

pH

난황과 난백을 분리한 후 난백과 난황을 비커에 채취하여 pH meter(TA-70, DKK-TOA Co., Japan)를 이용하여 측정하였다.

관능검사

계란의 관능검사는 관능요원 15명을 대상으로 9점 척도법을 이용하여 평가하였다. 평가항목은 계란의 색(color), 퍼짐성(spreadability), 이취(off-flavor), 신선도(freshness) 그리고 전반적인 기호도(overall acceptability)로서 매우 좋다: 9점, 좋다: 7점, 보통이다: 5점, 나쁘다: 3점, 매우 나쁘다:

1점으로 하였다. 시료는 계란을 깨끗한 유리판에 활란하여 제공하였으며, 난수표를 이용하여 추출된 숫자를 기입하였다.

통계처리

자료의 통계처리는 statistical analysis system(SAS) program(SAS Inc., Cary, NC, USA)에 의해 ANOVA 검정과 Duncan's multiple range test 방법을 이용하여 평균값 간에 유의수준 $p < 0.05$ 에서 유의성을 검정하였다. 중량감모율, 비중, 색도, 난황계수, 난백계수, Haugh unit 및 pH와 종합적 관능평가지수와 상관계수는 Pearson's correlation을 사용하였다.

결과 및 고찰

품질특성변화

저장온도에 따른 계란의 저장 중 중량감모율의 변화는 모든 시료에서 저장기간이 경과될수록 감모율이 증가하는 경향을 보였으며 온도가 0, 10, 20 및 30°C로 높아짐에 따라 감모율의 변화가 크게 나타났다(Fig. 2). 0°C와 10°C에서 저장한 경우에는 저장종료일인 105일까지 3%이하로 나타났으나, 20°C와 30°C에서는 저장종료일인 27일과 11일에 5% 이상의 높은 값을 보였다. 이와 같은 결과는 저장과정 중에 계란 자체적으로 발생하는 호흡에 의한 수분 유출 때문인 것으로 판단된다. Lee 등(11)은 온도가 높을수록 감모율이 증가하였다고 보고하여 본 연구의 결과와 일치하였다.

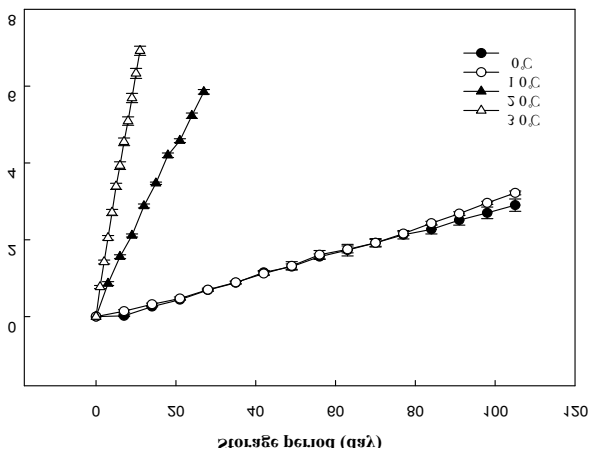


Fig. 2. Changes in the weight-loss rate of egg during storage at 0, 10, 20, and 30°C. Values are presented as means±SD (n=3).

저장온도에 따른 계란의 비중 변화를 나타낸 결과는 Fig. 3과 같다. 20°C와 30°C에서 저장한 경우에는 비중이 급격하게 감소하였으나, 0°C와 10°C에서는 완만하게 감소하는 경

향을 보여 고온저장에 비하여 감소폭이 적게 나타났다. 계란의 기실은 산란 후 어미 닭의 체온과 외기온도의 차이에 의해 외부의 공기가 내부로 유입되면서 생기는 공기주머니이다. 저장, 유통 중에 계란의 기실은 껍질의 미세한 공극을 통해 내부의 수분은 감소하고 감소한 수분만큼 외부의 공기가 유입되어 점점 크게 변화하게 된다(12). 이처럼 저장, 유통 중 발생하는 비중의 감소원인은 중량감모율과 수분의 증발에 의해 기실이 크게 변화하기 때문인 것으로 사료된다.

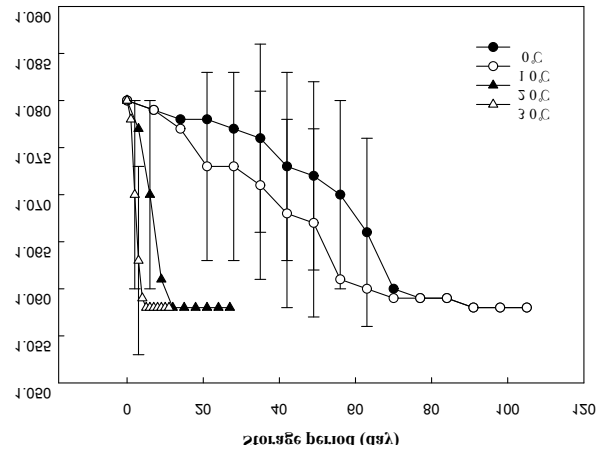


Fig. 3. Changes in the specific gravity of egg during storage at 0, 10, 20, and 30°C. Values are presented as means±SD (n=10).

계란의 품질을 결정하는 요인 중 색은 맛, 향 및 영양성분과 함께 그 식품의 가치를 나타내는 중요한 요소이다. 저장 온도에 따른 계란의 저장 중 난황과 난백의 색도를 분석한 결과 저장기간 동안 증가와 감소를 반복하는 경향을 나타내어 전반적으로 일정한 경향을 보이지 않았다(Fig. 4). 계란의 색은 활란 이후에만 평가할 수 있고 또한 난황의 색은 소비자의 기호도, 양계사료의 종류 및 성분배합비 등에 따라 영향을 받기 때문에 일정한 품질지표로 사용하기는 어려운 점이 있을 것으로 생각된다.

저장온도에 따른 계란의 내부적 품질지표 중에 하나인 난황계수를 측정하여 나타낸 결과는 Fig. 5와 같다. 0°C와 10°C는 저장종료일인 105일까지 난황계수가 0.42와 0.31로 나타났으며 20°C와 30°C는 각각의 저장종료일인 27일과 11일까지 난황계수가 0.28과 0.17로 나타났다. 이처럼 저장 온도가 높아질수록 저장기간이 경과될수록 난황계수가 낮아지는 것을 확인 할 수 있었다. 이러한 결과는 신선도가 저하되면 난황내의 수분이 난백으로 이전되어 난황막의 두께가 얇아지고 약해져서 난황의 높이는 낮아지고 폭은 넓어지게 되기 때문인 것으로 보여진다(13).

품질저하 과정 중 난백은 난각의 구멍을 통하여 외부로 수분을 잃는 동시에 난황으로 수분이 혼입되며 이러한 결과로 부착란(stuck yolk)이나 부패란(mixed yolk)과 같은 불가식란이 된다(14). 일반적으로 신선란의 난백계수는 0.06을

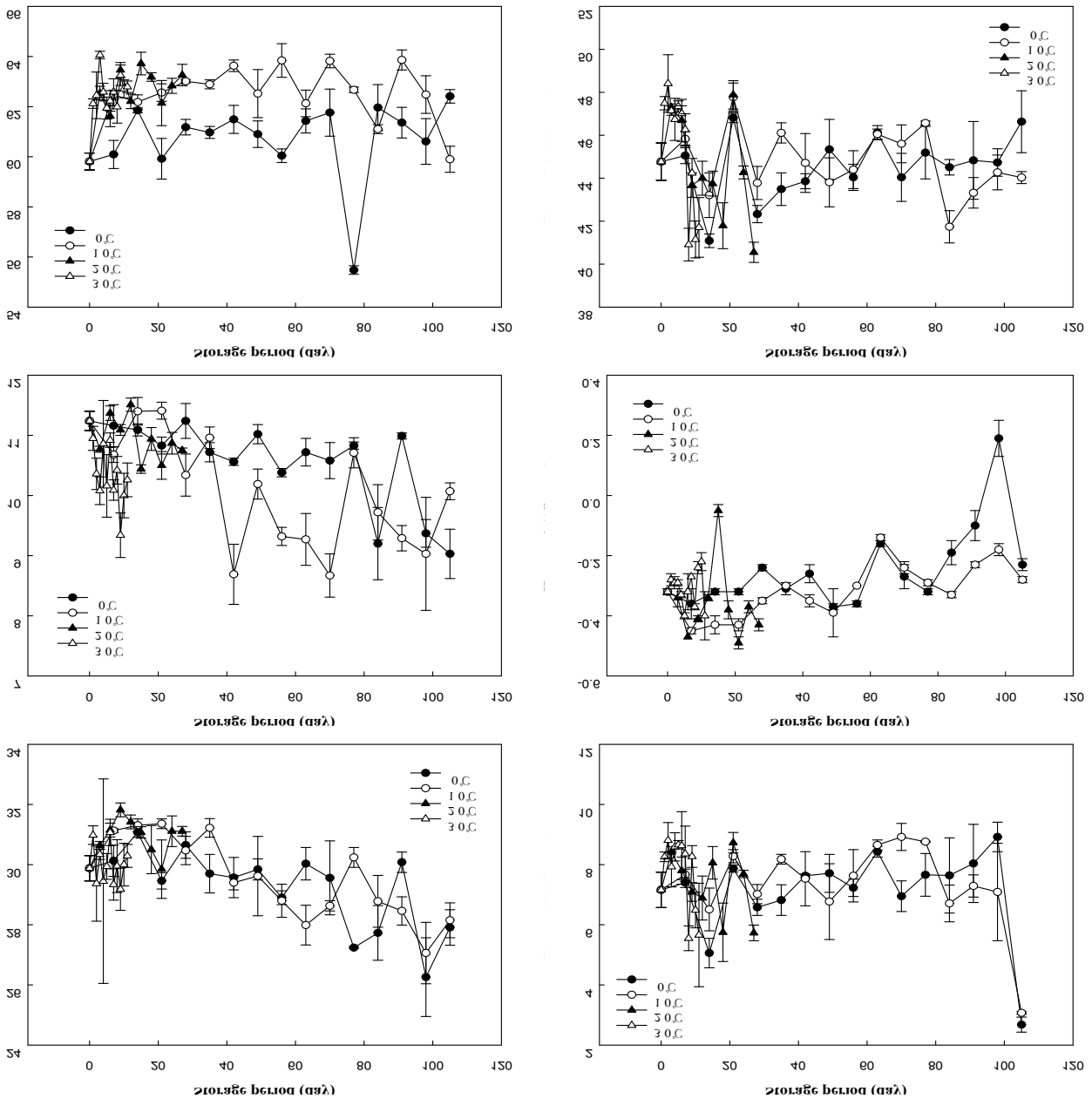


Fig. 4. Changes in the color of egg during storage at 0, 10, 20, and 30°C.

Values are expressed as presented as means±SD (n=3).

나타내는데, 0°C의 경우 저장 105일까지 난백계수가 0.08을 나타내어 저장기간 동안 신선한 상태임을 나타내었다(Fig. 6). 반면에 10, 20 및 30°C에서는 각각 저장 63일, 9일 및 3일 이후에는 난백계수가 0.06 이하로 감소되기 시작하였다. 난백계수는 온도가 높을수록 저장기간이 경과될수록 급격히 낮아지는 경향을 보였다. 이와 같은 결과는 Suk 등(13)이 저장기간이 경과함에 따라 저장온도가 높을수록 농후난백 높이의 감소폭이 더 컸다고 보고한 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

저장온도에 따른 계란의 품질을 결정하는 요인 중 신선

도를 판단할 수 있는 HU를 측정하여 나타낸 결과는 Fig. 7과 같다. 0°C에서 저장하는 동안 신선란의 HU의 기준(농림수산식품부 고시 제 2011-46호 축산물 등급 판정 세부 기준 제 24조 계란의 품질등급 판정기준인 할란판정 기준 별표 22)인 72 이상으로 나타났다. 반면에 10, 20 및 30°C에서는 저장기간과 온도에 따라 HU가 감소하는 경향을 보였다. 특히 저장온도가 높을수록 수분의 이동이 커져 난백의 수분이 난황막을 통과하여 난황으로 이동하게 되는데 이때 난황막이 쉽게 깨어지고 또한 계란 신선도의 기준이 되는 HU 값이 급격히 떨어지며 품질의 변화가 급격하게 일어나

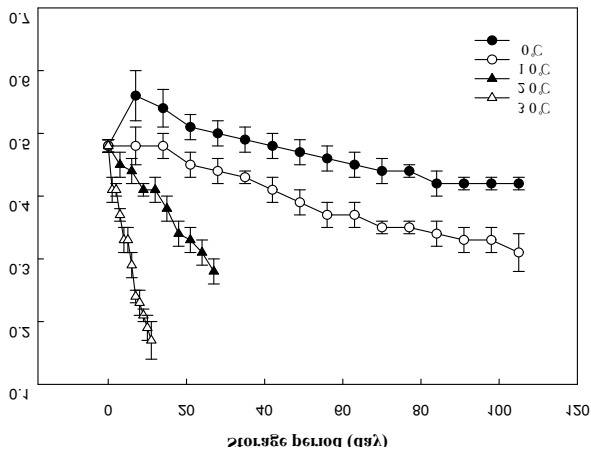


Fig. 5. Changes in the yolk index of egg during storage at 0, 10, 20, and 30°C.

Values are presented as means±SD (n=10).

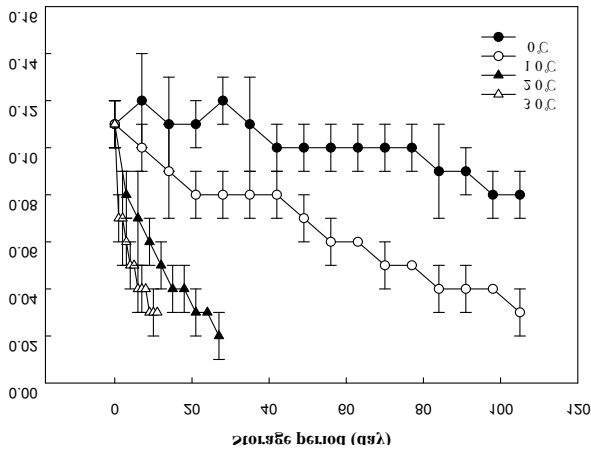


Fig. 6. Changes in the albumen index of egg during storage at 0, 10, 20, and 30°C.

Values are presented as means±SD (n=10).

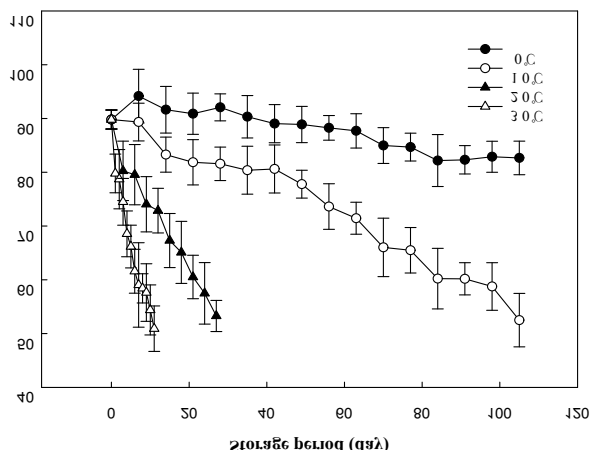


Fig. 7. Changes in the Haugh unit of egg during storage at 0, 10, 20, and 30°C.

Values are presented as means±SD (n=10).

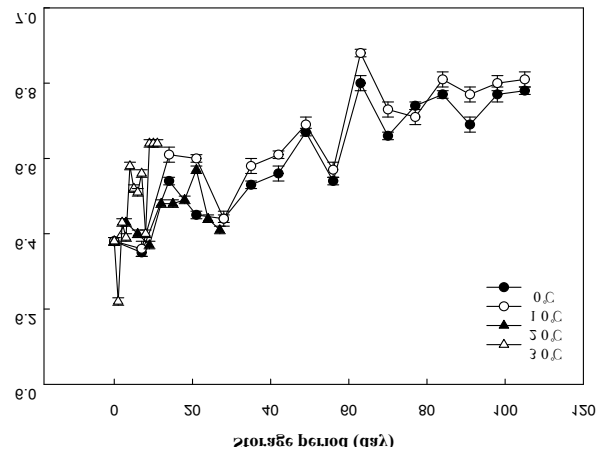


Fig. 8. Changes in the pH of egg during storage at 0, 10, 20, and 30°C.

Values are presented as means±SD (n=3).

는 것으로 판단된다(15).

일반적으로 신선한 계란의 pH는 난백 7.6~7.9 난황 6.0 이나, 저장 중에 난백 9.7 난황 6.8 정도로 증가한다고 알려져 있다(11). 본 실험에서 난황의 저장 초기 pH는 6.38로 나타나 신선한 계란의 난황 pH값과 비슷하게 나타났다(Fig. 8). 반면에 난백의 pH는 9.29로 나타나 신선한 난백의 pH값 보다 높게 나타났다. 이는 계란의 유통 특성상 산란 직후 유통이 이루어지는 것이 아니라 검란, 세척 및 포장 등의 여러 단계를 거치기 때문인 것으로 사료된다. 저장온도 0, 10, 20 및 30°C에서 저장하는 동안 난백과 난황의 pH가 증가와 감소를 반복하는 경향을 보였으나, 대체적으로 증가하는 경향을 나타내었다. 이처럼 pH가 상승하는 이유는 산란 후 시간이 경과됨에 따라 난각 표면의 기공을 통하여 CO₂가스가 소실되기 때문인 것으로 여겨진다(16).

계란의 저장온도에 따른 관능적 특성을 9점 척도법으로 조사하였다. 색, 퍼짐성, 이취, 신선도 등의 전반적인 품질 요소들을 종합하여 전반적인 기호도를 조사한 결과 0°C에서는 저장기간 105일 동안 유의적으로(p<0.05) 관능적인 품질 변화가 없는 것으로 나타났다(Table 1). 반면에 저장온

Table 1. Sensory evaluation of egg during storage at 0°C

Sensory evaluation	Storage period (day)															
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105
Yolk color	9.00±0.00 ^a	8.07±0.88 ^{bc}	7.80±1.21 ^{bcd}	8.33±0.72 ^b	8.33±0.49 ^b	8.33±0.90 ^b	7.87±0.83 ^{bcd}	7.33±0.98 ^{de}	7.40±0.99 ^{de}	7.67±0.72 ^{cd}	7.60±1.06 ^{cd}	7.60±1.18 ^{cd}	7.60±1.06 ^{cd}	7.47±0.52 ^{cd}	7.40±0.74 ^{de}	6.87±1.06 ^e
Albumen color	9.00±0.00 ^a	8.27±0.70 ^{bcd}	8.33±0.72 ^{bc}	8.53±0.64 ^{ab}	8.27±0.46 ^{bcd}	8.73±0.46 ^{ab}	8.33±0.82 ^{bc}	7.80±0.68 ^{def}	7.60±0.74 ^{ef}	8.00±0.76 ^{cd}	8.47±0.52 ^{bc}	7.67±0.82 ^{ef}	7.73±0.80 ^{ef}	7.47±0.83 ^f	7.73±0.80 ^{ef}	7.53±0.64 ^{ef}
Yolk spreadability	9.00±0.00 ^a	8.40±0.63 ^{bc}	8.00±1.56 ^{cd}	8.80±0.41 ^{ab}	8.33±0.62 ^{bc}	8.47±0.64 ^{abc}	8.13±0.83 ^{cd}	7.47±0.92 ^{efg}	7.27±1.03 ^{fg}	8.27±0.59 ^{bc}	7.87±1.30 ^{def}	7.60±0.83 ^{def}	7.93±0.70 ^{de}	7.87±0.52 ^{def}	8.00±0.76 ^{cd}	7.00±1.13 ^g
Albumen spreadability	9.00±0.00 ^a	8.47±0.74 ^{abc}	8.07±0.88 ^{bcd}	8.80±0.41 ^a	8.47±0.52 ^{abc}	8.80±0.41 ^a	7.87±0.74 ^d	7.60±0.91 ^{de}	7.67±0.82 ^{de}	8.00±0.76 ^{cd}	8.53±0.52 ^{ab}	7.27±1.10 ^f	7.73±0.80 ^{de}	7.60±0.74 ^{de}	7.67±0.82 ^{de}	7.67±0.82 ^{de}
Off-flavor	9.00±0.00 ^a	8.53±0.64 ^{abcd}	8.73±0.46 ^{ab}	8.87±0.35 ^{ab}	8.47±0.64 ^{bcd}	8.67±0.62 ^{abc}	8.47±0.52 ^{bcd}	8.67±0.49 ^{abc}	8.40±0.63 ^{bcd}	8.53±0.64 ^{abcd}	8.80±0.41 ^{ab}	8.40±0.74 ^{bcd}	8.13±1.19 ^{de}	8.47±0.74 ^{bcd}	7.93±0.96 ^e	8.20±0.56 ^{de}
Freshness	9.00±0.00 ^a	8.20±0.77 ^{cd}	8.00±0.93 ^{def}	8.87±0.35 ^{ab}	8.20±0.41 ^{cd}	8.53±0.52 ^{bc}	8.07±0.70 ^{cd}	7.60±0.83 ^{def}	7.67±0.72 ^{efg}	7.93±0.80 ^{def}	8.27±0.70 ^{cd}	7.20±0.86 ^f	7.67±0.72 ^{efg}	7.47±0.52 ^{gh}	7.53±0.52 ^{gh}	7.40±0.51 ^h
Overall acceptability	9.00±0.00 ^a	8.33±0.62 ^{bc}	8.00±1.00 ^{cd}	8.73±0.46 ^{ab}	8.33±0.49 ^{bc}	8.60±0.51 ^{ab}	8.07±0.70 ^{cd}	7.60±0.83 ^{def}	7.60±0.83 ^{def}	7.93±0.80 ^{de}	8.40±0.74 ^{bc}	7.27±0.88 ^f	7.53±0.74 ^{ef}	7.40±0.51 ^f	7.53±0.52 ^{ef}	7.20±0.77 ^f

Values are mean±SD (n=15). 9=excellent, 7=good, 5=moderate/marketable, 3=poor, 1=very poor. Means with the same letter in each row are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 2. Sensory evaluation of egg during storage at 10°C

Sensory evaluation	Storage period (day)															
	0	7	14	21	28	35	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105
Yolk color	9.00±0.00 ^a	7.67±0.90 ^{bc}	7.60±1.45 ^{bc}	8.00±0.85 ^b	7.40±0.99 ^{bcd}	7.27±0.80 ^{bcd}	6.87±0.64 ^{de}	6.47±1.55 ^e	7.67±0.72 ^{cd}	7.33±0.49 ^{bcd}	6.80±1.21 ^{de}	6.47±1.55 ^e	6.27±0.80 ^f	7.00±1.07 ^{cd}	5.53±1.73 ^f	5.53±1.77 ^f
Albumen color	9.00±0.00 ^a	8.00±0.93 ^{bc}	8.07±0.80 ^{bc}	8.33±0.72 ^b	7.47±0.83 ^{cd}	7.13±0.83 ^{de}	6.80±1.08 ^{ef}	6.40±1.30 ^f	7.80±0.77 ^{bc}	6.80±0.77 ^{ef}	6.67±1.11 ^{ef}	5.40±1.24 ^g	4.80±0.94 ^g	3.80±1.42 ^h	3.73±1.16 ^h	3.20±0.94 ^h
Yolk spreadability	9.00±0.00 ^a	8.07±0.70 ^b	7.60±1.30 ^{bcd}	7.93±0.96 ^b	7.73±1.03 ^{bc}	7.67±0.82 ^{bc}	6.87±0.99 ^{de}	5.80±1.37 ^{fg}	7.40±1.18 ^{bcd}	7.00±0.93 ^{cd}	7.13±0.64 ^{cd}	6.13±1.36 ^f	6.20±1.08 ^f	6.07±1.53 ^f	5.87±1.30 ^f	5.13±1.30 ^g
Albumen spreadability	9.00±0.00 ^a	8.00±0.85 ^b	7.87±1.13 ^b	8.60±0.51 ^a	7.27±0.88 ^c	7.13±0.64 ^{cd}	6.60±0.99 ^{de}	5.87±0.99 ^f	7.93±0.80 ^b	6.67±0.82 ^{de}	6.33±1.05 ^{ef}	4.67±1.35 ^g	3.47±1.06 ^h	3.27±1.22 ^h	3.00±1.00 ^{hi}	2.53±1.06 ⁱ
Off-flavor	9.00±0.00 ^a	8.00±0.93 ^{bcd}	8.60±0.7 ^{ab}	8.53±0.83 ^{ab}	8.47±0.74 ^{abc}	8.33±0.62 ^{abcd}	8.27±0.46 ^{abcd}	8.33±0.72 ^{ab}	7.93±1.79 ^{bcd}	7.93±0.88 ^{bcd}	8.33±0.62 ^{abcd}	7.67±1.29 ^{def}	6.93±1.67 ^f	7.13±1.60 ^{ef}	6.07±1.44 ^g	7.60±1.18 ^{def}
Freshness	9.00±0.00 ^a	7.87±0.74 ^{bc}	7.87±1.30 ^{bc}	8.33±0.82 ^b	7.53±0.74 ^c	7.33±0.72 ^{cd}	6.93±0.70 ^{de}	6.07±0.96 ^f	7.87±0.74 ^{bc}	6.53±0.83 ^{ef}	6.73±0.96 ^f	4.87±0.99 ^g	3.80±1.15 ^h	3.73±0.70 ^h	3.27±0.59 ^{hi}	2.93±0.70 ⁱ
Overall acceptability	9.00±0.00 ^a	8.00±0.65 ^{bc}	7.73±1.33 ^{bcd}	8.27±0.96 ^b	7.53±0.74 ^{cd}	7.33±0.90 ^{de}	7.00±0.76 ^{ef}	6.13±1.06 ^g	7.80±0.77 ^{bc}	6.60±0.83 ^{ef}	6.53±1.13 ^{fg}	4.73±0.96 ^g	3.73±0.96 ^g	3.60±0.83 ^g	3.13±0.64 ^h	2.67±0.98 ⁱ

Values are mean±SD (n=15). 9=excellent, 7=good, 5=moderate/marketable, 3=poor, 1=very poor. Means with the same letter in each row are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 3. Sensory evaluation of egg during storage at 20°C

Sensory evaluation	Storage period (day)									
	0	3	6	9	12	15	18	21	24	27
Yolk color	9.00±0.00 ^a	8.07±0.70 ^b	7.40±0.83 ^{bc}	6.87±1.06 ^c	7.47±0.64 ^{bc}	7.00±1.00 ^c	7.27±1.28 ^c	5.20±1.74 ^d	5.53±1.88 ^d	4.93±1.49 ^d
Albumen color	9.00±0.00 ^a	8.07±0.59 ^b	7.53±0.99 ^{bc}	7.53±0.83 ^{bc}	7.20±0.77 ^c	6.47±1.36 ^d	6.13±1.60 ^d	4.47±1.68 ^e	3.20±1.32 ^f	2.87±1.13 ^f
Yolk spreadability	9.00±0.00 ^a	8.27±0.59 ^{ab}	7.47±1.19 ^b	7.73±0.88 ^b	7.73±1.10 ^b	6.33±1.29 ^c	7.67±1.40 ^b	5.07±1.98 ^d	4.87±2.00 ^d	4.53±1.73 ^d
Albumen spreadability	9.00±0.00 ^a	8.07±0.59 ^b	7.13±0.64 ^c	7.60±0.74 ^{bc}	7.00±0.76 ^c	5.73±1.39 ^d	5.40±1.50 ^d	2.87±1.41 ^e	2.33±1.18 ^{ef}	2.07±1.22 ^f
Off-flavor	9.00±0.00 ^a	7.67±0.90 ^b	8.40±0.63 ^{ab}	8.27±0.59 ^{ab}	8.27±1.22 ^{ab}	7.73±1.03 ^b	7.60±1.50 ^b	6.40±1.80 ^c	6.40±1.55 ^c	6.60±1.92 ^c
Freshness	9.00±0.00 ^a	8.00±0.53 ^b	7.20±0.68 ^c	7.47±0.83 ^{bc}	7.07±0.80 ^c	6.20±0.94 ^d	6.00±1.07 ^d	3.67±1.40 ^e	2.93±1.33 ^f	2.87±1.06 ^f
Overall acceptability	9.00±0.00 ^a	8.00±0.53 ^b	7.13±0.64 ^c	7.53±0.83 ^{bc}	7.00±0.85 ^c	6.13±0.99 ^d	5.93±1.10 ^d	3.53±1.41 ^e	2.80±1.37 ^f	2.80±1.01 ^f

Values are mean±SD (n=15). 9=excellent, 7=good, 5=moderate/marketable, 3=poor, 1=very poor. Means with the same letter in each row are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

Table 4. Sensory evaluation of egg during storage at 30°C

Sensory evaluation	Storage period (day)											
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Yolk color	9.00±0.00 ^a	8.40±0.74 ^a	7.67±0.82 ^b	6.73±1.10 ^c	5.67±0.98 ^{de}	5.93±1.28 ^d	5.73±1.03 ^{de}	5.13±1.30 ^e	5.00±1.56 ^e	3.40±1.30 ^f	4.13±1.81 ^f	3.47±1.73 ^f
Albumen color	9.00±0.00 ^a	8.27±0.80 ^b	7.33±1.05 ^c	7.20±0.68 ^c	5.80±1.32 ^d	5.67±1.23 ^d	4.60±1.68 ^e	6.00±1.46 ^d	3.60±0.99 ^f	2.47±0.74 ^g	2.20±1.08 ^g	2.53±1.41 ^g
Yolk spreadability	9.00±0.00 ^a	8.20±0.77 ^b	7.33±1.23 ^c	6.40±1.40 ^d	5.13±1.25 ^e	4.80±1.08 ^e	5.27±0.96 ^e	3.40±0.83 ^f	3.60±1.06 ^f	2.53±0.83 ^g	2.60±0.91 ^g	1.93±0.59 ^h
Albumen spreadability	9.00±0.00 ^a	8.20±0.77 ^b	7.20±0.86 ^c	6.73±0.96 ^c	5.20±1.15 ^d	4.93±1.16 ^d	3.80±1.21 ^e	5.07±1.33 ^d	2.73±0.88 ^f	2.00±0.53 ^g	1.33±0.49 ^h	1.27±0.46 ^h
Off-flavor	9.00±0.00 ^a	8.73±0.46 ^{ab}	8.00±0.85 ^{bc}	7.40±1.45 ^{cd}	7.20±1.26 ^{cd}	7.60±1.50 ^{cd}	6.93±1.62 ^{de}	6.67±1.84 ^{ef}	6.40±1.35 ^{fg}	6.07±1.98 ^{fg}	5.40±1.30 ^h	6.33±1.29 ^{fg}
Freshness	9.00±0.00 ^a	8.27±0.59 ^b	7.27±0.80 ^c	6.13±1.06 ^d	5.00±0.76 ^e	4.80±0.77 ^e	4.07±1.16 ^f	4.20±0.94 ^f	3.40±0.51 ^g	2.40±0.63 ^h	1.67±0.49 ⁱ	1.53±0.52 ⁱ
Overall acceptability	9.00±0.00 ^a	8.27±0.59 ^b	7.13±0.83 ^c	6.13±1.06 ^d	5.00±0.85 ^e	4.73±0.80 ^e	3.93±1.10 ^f	3.93±1.10 ^f	3.13±0.74 ^g	2.13±0.52 ^h	1.60±0.51 ⁱ	1.47±0.52 ⁱ

Values are mean±SD (n=15). 9=excellent, 7=good, 5=moderate/marketable, 3=poor, 1=very poor. Means with the same letter in each row are not significantly different by Duncan's multiple range test (p<0.05).

도 10(Table 2), 20(Table 3) 및 30(Table 4)°C의 경우 저장 초기에 전반적인 기호도가 유의적으로 가장 높게 나타났고 (p<0.05) 저장기간 동안 지속적으로 관능적인 품질변화가 일어났다. 이러한 신선식품의 품질 유지에는 온도와 시간의 요인이 가장 중요시되므로 보관온도에 따른 품질유지기간이 달라질 수 있다. 따라서 계란의 보관을 위해 여러 저장 온도에 저장하는 방법을 통하여 일정 수준의 품질을 유지할 수 있는 기간이 어느 정도 될 것인가를 사전에 예측이 가능하였다.

상관관계 및 품질지표 선정

계란의 유통 중 품질을 예측할 수 있는 적정 품질지표를 선정하기 위하여 관능적 기호도와 각 품질특성들과의 상관관계를 분석한 결과는 Table 5와 같다. 저장 온도별 중량감 모듈과 기호도와의 상관관계는 0, 10, 20 및 30°C에서 각각 r =-0.78, r =-0.93, r =-0.95 및 r =-0.99로 모든 온도 조건에서 유의적인 상관관계를 보였으며(p<0.01), 온도가 높을수록 높은 상관계수를 나타내었다. 그러므로 중량감모듈 측정 변화는 관능적 기호도와 높은 상관관계를 나타냄에 따라 신선도를 판정하는 품질지표로 선정하여 적용 하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

비중과 기호도와의 상관관계는 0, 10, 20 및 30°C에서 각각 r =-0.75, r =-0.79, r =-0.71 및 r =-0.88로 모든 온도 조건에서 유의적인 상관관계를 보였으며(p<0.05). 따라서 다른 품질 인자와 비교하여 적정 지표로의 선정에 가능성을 보여주었다.

난황의 색도와 관능적 기호도와의 상관관계를 분석한 결과 녹색에서 붉은색 정도를 나타내는 a값은 30°C에서만 유의적인 상관관계를 보였고, 황색도를 나타내는 b값은 0°C와 10°C에서만 상관관계에 대한 유의성이 인정되었다. 난백의 색도와 관능적 기호도와의 상관관계에서 밝기를 나타내는 L값은 30°C a값은 10°C에서만 유의성이 나타났

다. 그러므로 계란의 난황과 난백의 색도는 시간이 경과되어도 상이한 결과를 보이지 않아 품질평가 지표로 이용하기에는 적절하지 않은 것으로 생각된다.

난황계수와 기호도와의 상관관계는 0, 10, 20 및 30°C에서 각각 r =0.58, r =0.87, r =0.96 및 r =0.98로 모든 온도 조건에서 유의적인 상관관계를 보였으며(p<0.05). 0°C가 10, 20 및 30°C에 비하여 낮은 상관관계를 나타내었는데, 이는 저장기간 동안 품질변화가 크게 나타나지 않았기 때문으로 여겨진다.

난백계수와 기호도와의 상관관계는 0, 10, 20 및 30°C에서 각각 r =0.66, r =0.89, r =0.89 및 r =0.93으로 모든 온도 조건에서 유의적인 상관관계를 보였으며(p<0.01), 고온이 저온보다 높은 상관관계를 나타내었다. 난백의 퍼짐성은 저장기간과 온도에 따라서 육안으로 변화하는 모습을 관찰할 수 있을 정도이기 때문에 이처럼 높은 상관관계를 나타낸 것으로 여겨진다. 따라서 난백계수 측정 변화는 신선도를 판정하는 품질지표로 선정하여 적용 하는 것이 적절한 것으로 사료된다.

HU와 기호도와의 상관관계는 0, 10, 20 및 30°C에서 각각 r =0.64, r =0.92, r =0.96 및 r =0.98로 모든 온도 조건에서 유의적인 상관관계를 보였으며(p<0.01), 온도가 높을수록 높은 상관계수를 나타내었다. 이러한 결과는 HU의 측정값이 시간의 경과와 직선적인 상관관계를 가지고 있기 때문인 것으로 보여진다. HU측정 변화는 관능적 기호도와 높은 상관관계를 나타냄에 따라 신선도를 판정하는 품질지표로 선정하여 적용 하는 것이 적절한 것으로 판단된다.

난황의 pH와 관능적 기호도와의 상관관계를 분석한 결과 0, 10 및 30°C에서는 유의적인 상관관계를 보였으나, 20°C에서는 상관관계에 대한 유의성은 인정되지 않았다. 또한 난백의 pH와 관능적 기호도와의 상관관계에서 역시 10°C와 30°C에서만 유의성이 인정되었다. 이처럼 계란의 pH는 시간의 경과에 따라서 일정한 변화를 보이지 않았고

Table 5. Pearson's correlation coefficients between sensory preference and quality characteristics of egg

Quality characteristics	Storage temperature (°C)	Correlation coefficient (r)	Statistical significance	
Weight-loss	0	-0.78	**	
	10	-0.93	**	
	20	-0.95	**	
	30	-0.99	**	
Specific gravity	0	0.75	**	
	10	0.79	**	
	20	0.71	*	
	30	0.88	**	
Yolk color	L	0	0.11	NS
		10	0.14	NS
		20	-0.46	NS
		30	-0.49	NS
	a	0	0.46	NS
		10	0.45	NS
		20	0.52	NS
		30	0.63	*
b	0	0.52	*	
	10	0.68	**	
	20	-0.01	NS	
	30	0.14	NS	
Albumen color	L	0	-0.10	NS
		10	0.42	NS
		20	0.27	NS
		30	0.65	*
	a	0	-0.34	NS
		10	-0.51	*
		20	0.25	NS
		30	0.03	NS
b	0	-0.07	NS	
	10	0.44	NS	
	20	0.11	NS	
	30	0.43	NS	
Yolk index	0	0.58	*	
	10	0.87	**	
	20	0.96	**	
	30	0.98	**	
Albumen index	0	0.66	**	
	10	0.89	**	
	20	0.89	**	
	30	0.93	**	
Haugh unit	0	0.64	**	
	10	0.92	**	
	20	0.96	**	
	30	0.98	**	
Yolk pH	0	-0.75	**	
	10	-0.77	**	
	20	-0.43	NS	
	30	-0.82	*	
Albumen pH	0	-0.19	NS	
	10	-0.72	**	
	20	-0.57	NS	
	30	-0.88	**	

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$.

각기 상이한 결과를 나타내어 품질평가 지표로 이용하기에는 추가 연구가 더 필요한 것으로 생각된다.

요 약

본 연구는 국내에서 유통되고 있는 계란의 유통 중 신선도를 예측하기 위하여 적정 품질지표를 선정하고자 수행되었다. 산란 직후 0, 10, 20 및 30°C에서 저장하면서 중량감모율, 비중, 색도, 난황계수, 난백계수, Haugh unit(HU), pH 및 관능특성 변화를 조사한 후 각 품질특성과 관능적 기호도와의 상관관계를 분석하였다. 저장온도에 따른 중량감모율, 비중, 난황계수, 난백계수 및 HU와 기호도와의 상관관계는 모든 온도 조건에서 유의적인 상관관계를 나타내었다 ($p < 0.05$). 특히 중량감모율과 기호도와의 상관관계는 0, 10, 20 및 30°C에서 각각 $r = -0.78$, $r = -0.93$, $r = -0.95$ 및 $r = -0.99$ 로 난백계수와 기호도와의 상관관계는 $r = 0.66$, $r = 0.89$, $r = 0.89$ 및 $r = 0.93$ 으로 그리고 HU와 기호도와의 상관관계수는 $r = 0.64$, $r = 0.92$, $r = 0.96$ 및 $r = 0.98$ 로 유의적으로 온도가 높을수록 높은 상관계수를 보였다($p < 0.01$). 반면에 색도와 pH는 각기 상이한 결과를 나타내어 품질평가 자료로 이용하기에는 추가 연구가 필요한 것으로 여겨진다. 따라서 모든 저장온도에서 관능적 기호도와 높은 상관관계를 나타낸 중량감모율, 비중, 난황계수, 난백계수 및 HU의 변화를 계란의 유통 중 신선도 예측을 위한 품질지표로 선정하여 적용하는 것이 적절한 것으로 판단되었다.

References

- Kim DH, Song HP, Lee YS, Cha BS, Kim BK, Byun MW (2004) Effect of gamma irradiation on the shelf stability of whole baked egg. Korean J Food Preserv, 11, 394-399
- Koo NS, Wang SG, Park JM (2002) Change of fatty acid content in egg yolk oil of various chicken eggs during storage. Korean J Soc Food Sci Nutr, 31, 184-188
- Noh JJ, Jeon SY, Park BS, Kim SM, Kim HS, Kim HJ, Jo CH (2013) Investigation of reliability of automatic cracked and bloody egg detector. Korean J Food Preserv, 20, 69-75
- Lee JC, Kim SH, Sun CW, Kim CH, Jung S, Lee JH, Jo CH (2013) Comparison of principle components and internal quality of eggs by age of laying hens and weight standard. Korean J Poult Sci, 40, 49-55
- Kang HK, Kang GH, Na JC, Yu DJ, Kim DW, Lee SJ, Kim, SH (2008) Effect of feeding *Rhus verniciflua* extract

- on egg quality and performance of laying hens. Korean J Food Sci An, 28, 610-615
6. Lee SM, Kim KH, Lee JG, Park EJ, Lee SW, Hong JH (2002) Hygienic quality of eggs in the department food stores in the *Incheon* metropolitan area. Korean J Food Hyg Safety, 17, 129-136
 7. Chun MS, Hong SH (2009) Identification of microorganisms from eggs in hypermarket in the northern *Gyeonggi* area. Korean J Food Sci Nutr, 22, 396-401
 8. Hong SH, Ra DK, Yun GR, Joung YJ, Nam JH, Cheong EH, Lee JG, Lee SM (2012) Investigation for freshness and nutritive components of the eggs sold in *Incheon*. Korean J Vet Serv, 35, 119-128
 9. Park HJ, Min KJ, Park NY, Cho JI, Lee SH, Hwang IG, Heo JJ, Yoon KS (2013) Estimation on the consumption patterns of potentially hazardous foods with high consumer risk perception. Korean J Food Sci Technol, 45, 59-69
 10. Kim HS, Kim SM, No JJ, Lee JI, Lee HJ, Jo CH (2012) Effect of age of laying hens and grade of egg shell abnormality on internal egg quality. Korean J Ani Sci Technol, 54, 43-49
 11. Lee SM, Hong CH (2005) Changes of egg quality according to eggshell treatment and storage condition. Korean J Vet Serv, 28, 225-234
 12. Kim HT, Ko HJ, Kim KY, Kato K, Kita Y, Nishizu T (2007) Determination of egg freshness and internal quality measurement using image analysis. Korean J Biosystems Eng, 32, 166-172
 13. Suk OY, Kwon JT (2004) Effects of egg storage, storage temperature, and insemination of hens egg quality. Korean J Poult Sci, 31, 203-212
 14. Jang YI, Yoo JH, Han SW, Jang KS (2001) Quality characteristics of shell eggs stored in artificial cave for energy saving. Korean J Food Eng Prog, 5, 202-211
 15. An JH, Park JM, Gu JK, Yoon SJ, Lee JS, Kim JM, Kim SH, Kim RJ, Park JW, Song SO, Wee SH, Kim JM (2012) A study of establishment and exploitation of bio-markets for determination of shelf-life of eggs and egg products. Korean J Food Sci An, 32, 354-363
 16. Lee SM, Kim KH, Hong CH (2002) Changes of egg quality during storage. Korean J Vet Serv, 25, 15-22

(접수 2014년 4월 25일 수정 2014년 7월 23일 채택 2014년 8월 7일)