

가열온도 및 시간이 구운 계란의 품질 특성에 미치는 영향

강근호[†] · 성필남 · 조수현 · 함형주 · 강선문 · 박경미 · 박범영

농촌진흥청 국립축산과학원 축산물이용과

Effect of Heating Temperature and Time on Quality Characteristics of Baked Egg

Geunho Kang[†], Pil-Nam Seong, Soohyun Cho, Hyoung-Joo Ham, Sun Moon Kang,
Kyoungmi Park and Beom-Young Park

*Animal Products Utilization Division, National Institute of Animal Science, Rural Development Administration,
Suwon 441-706, Korea*

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effect of heating temperature and time on the quality of baked egg. Eggs were baked at various temperatures (80, 90, 100, 105 and 110°C) for different times (5, 6, 7 and 8 h) using a commercial heater. Our results revealed that heating loss in the 110°C treatment was significantly ($p<0.05$) higher than those of other remaining treatments. The pH value of egg white in the 5 h treatment was significantly ($p<0.05$) higher compared to those of other treatments. While, no significant differences in pH values of egg yolks occurred among the treatments. Regarding the texture, hardness and cohesiveness values were not significantly different among the treatments. Regarding color, the 110°C treatment samples had lower lightness value whereas had higher redness and yellowness values compared to the 105°C treatments ($p<0.05$). Moisture content of baked eggs showed an decreased tendency as increasing the heating temperature and time. These results suggested that the proper conditions were 8 hours for total baking time including more than 5 h at 105°C or 2 h at 110°C.

(Key words : baked egg, egg white, color, heating loss)

서 론

농림축산식품 주요 통계 자료에 의하면(MAFRA, 2014), 우리나라의 1인당 계란 소비량은 2000년의 184개에서 2011년의 232개로 많은 증가를 하였지만, 최근에는 230여 개에서 정체가 되고 있는 실정이다. 농장에서 생산되는 계란은 중량에 따라 소란, 중란, 대란, 특란, 왕란 등으로 구분하여 유통되고 있으며, 시중 마트에서는 주로 대란 및 특란 위주의 제품이 판매되고 있다. 통상적으로 여름방학 시기에는 학교 급식물량 감소로 계란의 소비량도 감소하며, 추석 명절 등에는 판매량이 증가하는 현상을 보이고 있다. 산란계 농가의 안정적인 경영을 위해서는 계란의 중량이나 계절적인 영향에 관계없이 연중 안정적인 판매가 이루어져야 하는 상황이다.

국내에서 생산되는 계란은 대부분 껍데기가 있는 형태로 유통이 되고 있으며, 가정 및 식당의 식재료 등으로 이용되

고 있다. 일부 제과나 제빵의 원료로 이용되는 계란은 껍데기를 제거한 액상형태로 유통되고 있다. 계란 가공품으로는 유산균 음료(Lin and Cunningham, 1984), 압출성형제품(Forning et al., 1981), 계란건조제품(Proctor and Cunningham, 1986), 에그저키(Lee et al., 1988) 등이 있다. 또한, 시중에는 조미계란, 구운 계란, 훈제란 등의 열처리 계란 가공식품을 쉽게 접할 수 있다.

구운 계란은 편의점, 찜질방 등에서 구입할 수 있을 만큼 대중화 되어 있다. 이와 관련하여 국내에서는 조미계란의 신속 가열 방법(Kim et al., 2012), 다시마 추출물 함유 계란가공품(Park et al., 2014) 등에 관한 연구가 수행되었다. 계란 껍데기가 포함된 난(卵) 가공식품은 열 처리 시 껍데기의 파손을 줄이는 것이 중요하여, 난각의 파손에 관한 연구가 수행되었다(Carter, 1972; Irmeter et al., 1970; Lee, 1989; Mauter, 1975; Stadelman and Rhorer, 1984).

따라서 본 연구에서는 구운 계란의 가열온도 및 시간에

[†] To whom correspondence should be addressed : kangroot@korea.kr

다른 품질 특성을 구명하여 구운 계란의 품질개선에 관한 기초 자료로 제공하고자 수행하였다.

재료 및 방법

1. 실험설계

계란은 시중에서 구입하여 표면의 이물질은 중성세제(Bubble, Daeju, Korea)를 이용하여 세척 및 건조하여 시험재료로 사용하였다. Table 1에서는 본 실험에서 사용된 처리구의 가열온도 및 시간을 나타내었다. 구운 계란은 80, 90, 100, 105 및 110℃의 온도에서 시간을 달리하여(5, 6, 7 및 8시간) 상업용 가열기(OF-22, JEIO TECH, Korea)를 이용하여 제조하였다. 구운 계란의 품질분석을 위하여 외관적으로 계란껍데기가 정상적인 제품만 처리구당 10개씩 선별하였다.

2. 가열감량 및 제품수율

최종 구운 계란의 가열감량은 가열처리 전 생계란의 무게와 가열처리 후 무게차이에 의해 백분율로 산출하였다. 그리고 제품수율은 100에서 가열감량의 수치만큼 제외한 값으로 표시하였다.

$$\text{가열감량(\%)} = \frac{\text{가열 전 중량} - \text{가열 후 중량}}{\text{가열 전 중량} \times 100}$$

$$\text{제품수율(\%)} = 100 - \text{가열감량}$$

3. pH, 경도와 응집성

구운 계란의 난백과 난황의 pH는 샘플 3 g을 증류수 27

Table 1. Heating temperature and time for baked egg manufacture used in this experiment

Treatments	Descriptions
5 h	80℃/0.5 h + 90℃/0.5 h + 100℃/2 h + 105℃/2 h
6 h	80℃/0.5 h + 90℃/0.5 h + 100℃/2 h + 105℃/3 h
7 h	80℃/0.5 h + 90℃/0.5 h + 100℃/2 h + 105℃/4 h
8 h	80℃/0.5 h + 90℃/0.5 h + 100℃/2 h + 105℃/5 h
8 h+	80℃/1 h + 100℃/3 h + 105℃/2 h + 110℃/2 h

mL와 함께 균질기(T25basic, IKA, Malaysia)로 균질(30 sec/14,000 rpm)하여 pH-meter(S-20K, Mettler Toledo, Swiss)로 측정하였다. 구운 계란 난백의 경도와 응집성 측정을 위한 시료는 예단부 끝에서부터 1 inch의 높이로 잘라 조직감 분석기(5543, Instron, USA)를 이용하여 측정하였다. 측정 조건은 Puncture diameter 6 mm(No T372-32, Instron, USA), Load cell 50 kg, Cross head speed 100 mm/min였다.

4. 표면색깔

표면색깔은 구운 계란의 난백표면에 색차계(Chromameter CR400, Minolta, Japan)를 이용하여 CIE(Commission Internationale d'Eclairage) L*, a*, b*값을 9회 반복 측정하였다. 이때 표준색은 Y=93.5, X=0.3132, y=0.3198인 표준색판을 사용하여 표준화한 후 측정하였다.

5. 수분 함량과 단백질 함량

구운 계란의 수분 함량은 AOAC(2007) 방법에 따라 건조법에 의해 실시하였으며, 단백질 함량은 질소분석기(rapid N cube, Elemenar, Germany)를 이용하여 측정하였다.

6. 통계분석

실험에서 획득한 값들은 SAS 9.2 프로그램(2008)을 이용하여 분산분석 및 다중검정을 통해 5% 수준에서 처리구간 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 가열감량 및 제품수율

Table 2는 가열온도와 가열시간에 따른 구운 계란의 가열감량 및 제품수율을 나타내었다. 가열감량은 5시간 처리구가 유의적으로($p < 0.05$) 낮았고, 최종 110℃에서 가열된 8시간 처리구가 유의적으로($p < 0.05$) 높게 나타났다. 이러한 가열감량의 결과에 따라 제품수율은 최종 110℃에서 가열된 8시간 처리구가 유의적으로($p < 0.05$) 낮게 나타났다.

동일한 온도조건에서 가열시간만 5, 6, 7 및 8시간으로 달리한 처리구의 경우, 가열감량은 처리구간 차이는 있었으나, 직선적인 경향은 나타나지 않았다. 특히, 가열 6시간 및 7시간 처리구는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과에 의하면, 최종 110℃에서 가열된 8시간 처리구의 가열감량이 유의적으로($p < 0.05$) 가장 낮은 이유는 가열온도의 영향이 더 크게 작용한 것으로 사료된다.

이상의 결과를 종합해 볼 때, 구운 계란의 제품수율은 가

Table 2. Effect of temperature and time on heating loss and yield of baked egg

Treatments ¹	Heating loss (%)	Yield (%)
5 h	4.93 ^B	95.07 ^A
6 h	6.68 ^{AB}	93.32 ^{AB}
7 h	6.51 ^{AB}	93.49 ^{AB}
8 h	3.30 ^B	96.71 ^A
8 h+	10.76 ^A	89.24 ^B
SEM	0.73	0.73

¹ 5 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/2 h; 6 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/3 h; 7 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/4 h; 8 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/5 h; 8 h+, 80°C/1 h + 100°C/3 h + 105°C/2 h + 110°C/2 h.

^{A,B} Means with different superscripts within a same column differ significantly ($p < 0.05$).

열온도와 시간 모두에서 영향을 받지만, 7시간 이후에는 가열시간보다는 가열온도가 더 큰 영향을 미치는 것으로 사료된다.

한편, 구운 계란과 같이 계란의 껍데기가 포함된 난(卵) 가공식품은 열처리 시 껍데기의 파손을 줄이는 것이 상품화를 위해서 필요하다. 시중에 판매되고 있는 구운 계란의 제조시간은 36~72시간 정도로 상당히 많은 시간이 소요되는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 구운 계란의 제조시간을 단축하면서, 껍데기의 파손을 줄일 수 있는 열처리 조건을 찾기 위해 예비실험을 실시하였다. 그 결과, 구운 계란의 초기 가열온도를 30~60°C에서 시작하지 않고, 80°C에서 처리를 하더라도 껍데기의 파손이 5% 미만 수준으로 발생하는 결과를 획득하게 되었다. 이를 바탕으로 가열온도 및 시간에 따른 구운 계란의 품질 특성 구명을 위해 초기 가열온도는 80°C로 설정하게 되었다.

선행연구에 의하면, 가열 중 계란껍데기의 파손을 줄이기 위하여 따뜻한 물에서 가열을 실시하면 효과가 있는 것으로 보고되었다(Maurer, 1975; Stadelman and Rhorer, 1984). 또한, 계란껍데기의 파손율은 난황중심부가 100°C에 이르도록 물의 온도를 분당 0.5, 1, 2, 4 및 6°C 증가시킬 경우, 단위시간당 가열속도가 빠를수록 증가하는 것으로 보고되었다(Lee, 1989).

2. pH, 경도 및 응집성

Table 3은 가열온도와 가열시간에 따른 구운 계란의 pH

변화를 나타내었다. 난백의 pH는 가열시간이 가장 짧은 5시간 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로($p < 0.05$) 높게 나타났다. 이후 6, 7 및 8시간 처리구 사이에는 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 난황의 pH는 모든 처리구 사이에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 pH 결과는 가열온도와 시간은 구운 계란의 난백에는 영향을 미치고, 난황에는 큰 영향을 미치지 않는 것으로 사료된다.

난백을 구성하고 있는 단백질들은 서로 다른 등전점을 가지고 있다. 즉, ovalbumin의 등전점은 4.5, ovotransferrin의 등전점은 6.1, ovomucoid의 등전점은 4.1, globulins의 등전점은 약 4.8~5.5, lysozyme의 등전점은 10.7인 것으로 밝혀졌다(Li-Chan and Nakai, 1989). 선행연구에 의하면, 난백 겔의 경도는 가열온도와 pH에 영향을 미치는 것으로 보고되었다. Yoo et al.(1990)에 의하면, 난백 겔을 30분간 가열처리 시 95°C에서는 pH 5.0 부근, 120°C에서 30분간 가열처리 시에는 pH 4.5 부근에서 가장 높은 경도를 나타내는 것으로 밝혀졌다. 그러나 본 실험에서는 가열온도와 가열시간에 따른 구운 계란의 경도와 응집성은 처리구간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다(Table 4).

이상의 결과를 종합해 볼 때 단백질로만 구성되어 있는 난백이 다양한 영양소를 고루 함유한 난황보다 가열처리에 더 많은 영향을 받았기 때문에 pH의 경우 가열 5시간 처리구와 6시간 이상 처리구 사이에 있어서 유의적인($p < 0.05$) 차이가 나타난 것으로 사료된다.

3. 표면 색깔

Table 5는 가열온도와 가열시간에 따른 구운 계란의 색깔

Table 3. Effect of temperature and time on pH of baked egg

Treatments	Egg white	Egg yolk
5 h	8.73 ^A	7.07
6 h	8.63 ^B	7.06
7 h	8.66 ^B	7.17
8 h+	8.67 ^B	7.12
SEM	0.01	0.03

¹ 5 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/2 h; 6 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/3 h; 7 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/4 h; 8 h+, 80°C/1 h + 100°C/3 h + 105°C/2 h + 110°C/2 h.

^{A,B} Means with different superscripts within a same column differ significantly ($p < 0.05$).

Table 4. Effect of temperature and time on hardness and cohesiveness of baked egg

Treatments	Hardness (kg)	Cohesiveness (%)
5 h	0.09	1.11
6 h	0.11	0.99
7 h	0.09	1.11
8 h+	0.12	1.31
SEM	0.01	0.05

¹ 5 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/2 h; 6 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/3 h; 7 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/4 h; 8 h+, 80°C/1 h + 100°C/3 h + 105°C/2 h + 110°C/2 h.

Table 5. Effect of temperature and time on color of baked egg

Treatments	CIE values		
	L*	a*	b*
5 h	75.55 ^A	1.58 ^C	21 ^B
6 h	71.39 ^{AB}	3.02 ^{BC}	21.86 ^{AB}
7 h	69.62 ^B	4.16 ^B	23.26 ^{AB}
8 h+	62.63 ^C	6.84 ^A	25.12 ^A
SEM	1.05	0.41	0.59

¹ 5 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/2 h; 6 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/3 h; 7 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/4 h; 8 h+, 80°C/1 h + 100°C/3 h + 105°C/2 h + 110°C/2 h.

^{A-C} Means with different superscripts within a same column differ significantly ($p < 0.05$).

변화를 나타내었다. 가열시간이 증가함에 따라 백색도의 값은 감소하고, 적색도와 황색도의 값은 증가하는 경향을 나타내었다. 특히, 5시간 처리구의 경우, 다른 처리구에 비해 백색도 값은 유의적으로($p < 0.05$) 높고, 적색도와 황색도의 값은 유의적으로($p < 0.05$) 낮게 나타났다. 반면, 최종 110°C에서 가열된 8시간 처리구의 백색도 값은 유의적으로($p < 0.05$) 낮고, 적색도와 황색도의 값은 유의적으로($p < 0.05$) 높게 나타났다. 이러한 결과는 가열시간이 경과하고 가열온도가 높아질수록 난백 질의 백색도는 감소하여 전체적인 색깔이 점차 어두워진다고 보고한 선행 연구와 유사한 결과를 나타내었다(Yoo et al., 1990).

일반적으로 삶은 계란의 경우, 난황 표면이 어두운 녹색으로 변하는 것이 문제시 되는데, 이러한 변색은 난황에 있는

색소물질의 변성 탓이 아닌 황화철(FeS)의 형성 때문인 것으로 밝혀졌다(Baker et al., 1967). 알부민은 생계란을 가열할 때 황화철(FeS) 반응에 들어가는 황화수소의 근원이다. Baker et al.(1967)은 탈황화수소효소인 시스틴 효소가 난백 속 황화수소의 발생을 위한 원인이 될 수 있음을 제안하였다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 계란의 가열시간 증가와 함께 단백질의 변성과 황화수소의 발생도 증가하여 구운 계란 난백표면의 색깔은 흰색에서 적갈색 계열로 변한 것으로 사료된다.

4. 수분 함량 및 단백질 함량

Table 6은 가열온도와 가열시간에 따른 구운 계란의 수분 함량 및 단백질 함량의 결과를 나타내었다. 난백 및 난황의 수분 함량은 5시간 처리구가 유의적으로($p < 0.05$) 높았고, 단백질 함량은 최종 110°C에서 가열된 8시간 처리구가 유의적으로($p < 0.05$) 높게 나타났다. 이처럼 가열온도와 가열시간에 따라 수분 함량은 유의적으로($p < 0.05$) 감소하였으나, 기계적인 측정에 의한 경도 및 응집성과 같은 조직감에는 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다.

상기의 결과를 바탕으로 구운 계란의 열처리에 따른 물리적인 성질과 관능적인 특성의 관계에 대해서는 향후 세밀한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

적 요

본 연구는 가열처리와 온도가 구운 계란의 품질에 미치는

Table 6. Effect of temperature and time on moisture and protein content of baked egg

Treatments ¹	Moisture (%)		Protein (%)	
	Egg white	Egg yolk	Egg white	Egg yolk
5 h	85.81 ^A	50.79 ^A	12.83 ^C	14.62 ^{AB}
6 h	83.46 ^B	50.25 ^{AB}	14.25 ^B	14.48 ^B
7 h	82.13 ^C	49.74 ^{BC}	13.69 ^{BC}	14.43 ^B
8 h+	82.36 ^C	49.34 ^C	15.6 ^A	15.15 ^A
SEM	0.38	0.18	0.27	0.11

¹ 5 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/2 h; 6 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/3 h; 7 h, 80°C/0.5 h + 90°C/0.5 h + 100°C/2 h + 105°C/4 h; 8 h+, 80°C/1 h + 100°C/3 h + 105°C/2 h + 110°C/2 h.

^{A-C} Means with different superscripts within a same column differ significantly ($p < 0.05$).

영향을 구명하고자 수행하였다. 구운 계란은 80, 90, 100, 105 및 110℃ 의 온도에서 시간을 달리하여 5, 6, 7 및 8시간 동안 상업용 가열기(OF-22, JEIO TECH, Korea)를 이용하여 제조하였다. 가열감량은 최종 110℃에서 가열된 8시간 처리구가 최종 105℃에서 가열된 처리구들에 비해 유의적으로 ($p<0.05$) 높게 나타났다. 난백의 pH는 가열시간이 가장 짧은 5시간 처리구가 다른 처리구에 비해 유의적으로($p<0.05$) 높게 나타났다. 난황의 pH는 모든 처리구 사이에 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 가열온도와 가열시간에 따른 구운 계란의 경도와 응집성은 처리구간 유의적인 차이가 없는 것으로 나타났다. 최종 110℃에서 가열된 8시간 처리구의 백색도 값은 최종 105℃에서 가열된 처리구들에 비해 유의적으로($p<0.05$) 낮고, 적색도와 황색도의 값은 유의적으로 ($p<0.05$) 높게 나타났다. 난백 및 난황의 수분 함량은 가열 시간 증가와 함께 감소하는 경향을 나타내었다. 이상의 결과를 종합해 볼 때 구운 계란의 제조를 위한 적합한 시간은 8시간이며, 최종 온도는 105℃에서 5시간 이상 또는 110℃에서 2시간 이상 가열하는 것이 적절한 것으로 사료된다.

(색인어 : 구운 계란, 난백, 색갈, 가열감량)

사 사

본 논문은 농촌진흥청 연구사업(과제번호: PJ009318012-014)의 지원에 의해 이루어진 것임.

REFERENCES

- AOAC 2007 Official Methods of Analysis. 18th ed, Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC.
- Baker RC, Darfler J, Lifshitz A 1967 Factors affecting the discoloration of hard-cooked egg yolks. *Poult Sci* 46:664-672.
- Carter TC 1972 The hen's egg: Factors affecting shell splitting during boiling. *Br Poult Sci* 13:341-355.
- Forming GW, Clegg J, Long C 1981 Factors affecting puffing and sensory characteristics of extruded egg products. *Poult Sci* 60:2091-2097.
- Irmiter TF, Dawson LE, Reagan JG 1970 Methods of preparing hard cooked eggs. *Poult Sci* 49:1232-1236.
- Kim DH, Yoo HJ, Yoo JY, Park YJ, Choi SH, Jang KI 2012 Development of rapid salting method for seasoning eggs using a temperature change method. *Korean J Food Nutr* 25:393-397.
- Lee KI 1989 Studies on the shell crack of chicken eggs during cooking. *Korean J Anim Sci* 31:449-452.
- Lee SK, Yoo IJ, Kim YM 1988 Studies on the processing of seasoned product containing egg yolk. *K J Poult Sci* 15: 45-51.
- Li-Chan E, Nakai S 1989 Biochemical basis for the properties of egg white. *CRC Crit Rev Poult Biol* 2:21-58.
- Lin JCC, Cunningham FE 1984 Preparation of a yogurt-like product containing egg white. *J Food Sci* 49:1443-1444, 1552.
- MAFRA (Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs) 2014 Major statistics of Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. Government publications registration number 11-1543000-000128-10, P. 455, Republic of Korea.
- Maurer AJ 1975 Hard-cooking and picking eggs as teaching aids. *Poult Sci* 54:1019-1024.
- Park YJ, Kim DH, Jang KI 2014 Permeation efficiency of sea tangle (*Laminaria japonica*) extract into egg using temperature change method and pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 43:544-549.
- Proctor VA, Cunningham FE 1986 Egg jerky. A research note. *Poult Sci* 65:592-593.
- SAS 2008 SAS/STAT Software for PC. Release 9.2, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Stadelman WJ, Rhorer AR 1984 Quality improvement of hard cooked eggs. *Poult Sci* 63:949-953.
- Yoo IJ, Kim CH, Han SH, Song KW 1990 Studies on heat stability of egg albumen gel. I. Effect of heating time and temperature, pH, and NaCl concentration on heat stability of egg albumen gel. *K J Poult Sci* 17:127-133.

Received Nov. 6, 2014, Revised Dec. 30, 2014, Accepted Jan. 13, 2015