

계란의 위생화를 위한 오존살균기술의 이용

최구희¹ · 이경행*

한국교통대학교 식품영양학과, ¹한국교통대학교 식품공학과

Effect of Ozone Treatment for Sanitation of Egg

Goo-Hee Choi¹ and Kyung-Haeng Lee*

Department of Food and Nutrition, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea

Abstract

To improve hygienic quality of egg, the ozone treatment was applied. Eggs were inoculated with *Salmonella* Typhimurium, and the inoculated eggs were treated by ozone (38.8 ppm) for 10-30 min. Furthermore, microbiological and chemical quality changes of eggs were investigated during storage. Initial number of *S. Typhimurium* of egg shell was 6.18 log CFU/g and the number was increased during storage ($p < 0.05$). However, those of ozonated samples for 10-30 min were 4.22-5.25 log CFU/g, which was lower than that of the control. Especially, ozone treatment for 30 min achieved about 2 decimal reductions and the numbers were maintained during storage. Other physical and chemical characteristics of eggs by ozone treatment, including Haugh unit, yolk color, pHs of egg white and yolk, foaming ability, foam stability and lipid oxidation development were not different when compared with that of the control. Therefore, ozone treatment is one of the available methods to improve hygienic quality of eggs.

Key words: egg, ozone, sanitation, quality

서 론

식생활의 다변화에 따른 식품 산업의 고도화와 국제화 시대를 맞아 고부가가치의 가공제품을 생산하기 위해서는 원료의 안정적 공급, 위생적 제품생산, 효율적 제조공정, 안전한 식품저장 및 가공기술 개발의 필요성이 시급히 요구되고 있다(Choe *et al.*, 2010).

식품 원료 중의 하나인 계란은 가격이 저렴하고, 다른 농축산 원료보다 비교적 생산이 쉬워 현재까지 식생활에서 많이 소비되고 있는 중요한 단백질 공급원 중의 하나이며(You, 2003), 1차 가공한 것 뿐 아니라 다른 가공식품의 부재료로서의 2차 가공제품으로도 많이 이용되고 있다(Kim *et al.*, 1998). 그러나 높은 수분과 단백질을 비롯한 풍부한 영양원 때문에 미생물이 번식하기 좋은 조건을 지니고 있어 계란의 제조부터 유통단계까지 안전한 품질관리가 요구되고 있다(Kim *et al.*, 1998). 특히 계란에서 발생하기 쉬운

식중독 원인균으로는 *Salmonella*에 의한 감염형 식중독으로 *Salmonella* spp. 및 이들로부터 유래한 식중독 발생 사례들이 빈번히 보고되고 있어(Gast and Beard, 1992; Jones *et al.*, 1995; Schoeni *et al.*, 1995) 영, 유아 및 노인 등 면역력이 약한 소비자들의 각별한 주의가 필요하다.

현재까지 계란의 위생화를 위해 살균제 또는 세척법이 이용되고는 있으나 이 과정 중 사용되는 열수와 염소에 의해 큐티클층이 파괴되어 미 세척란 보다 저장성이 급속히 떨어지게 된다(Gast *et al.*, 2005). 또한 ovotransferrin과 같은 난백 단백질은 저온에도 변성될 수 있고, 경란감염과 같은 오염에 대하여는 비효과적이므로(Ko and Ahn, 2008; Wong *et al.*, 1996) 단백질에 영향을 미치지 않으면서도 효과적인 냉온살균기술을 이용하는 것이 바람직하다.

한편, 오존(O₃)은 살균 및 산화력이 매우 높고 시간 경과 후 산소로 돌아오기 때문에 2차 오염을 초래하지 않는 장점과 살균 및 탈색, 탈취 등의 효과가 있는 것으로 알려져 식품산업을 비롯한 관련 산업에서의 이용 빈도가 점차 증가하고 있는 추세이다(Park, 2000). 특히 오존은 공기나 산소를 원료로 하여 비교적 용이하게 생성시킬 수 있으며 반감기가 짧아 2차 오염물이 남지 않는 장점을 지

*Corresponding author: Kyung-Haeng Lee, Korea National University of Transportation, Chungbuk 368-701, Korea. Tel: 82-43-820-5334, Fax: 82-43-820-5850, E-mail: leekh@ut.ac.kr

니고 있다. 이미 미국에서는 오존을 GRAS 품목으로 인정하고, 식품의 살균용도목적 및 식품의 저장, 가공을 위한 직접적인 첨가제로 허용(Khadre *et al.*, 2001)하고 있어 앞으로 식품 분야에서의 활용도가 더욱 커질 것으로 기대되어지고 있다. 이는 식품 생산량에서 오존의 사용이 식품의 품질 변화를 최소화하고 잔류성이 없기 때문인 것으로 사료된다(Clark *et al.*, 1980). Rodriguez-Romo와 Yousef (2005)는 난각에 *Salmonella enterica*를 접종하고 오존을 처리한 결과 미생물 감균을 볼 수 있었다고 하여 계란에의 오존처리는 위생화가 가능할 것으로 판단되었다.

따라서 본 연구에서는 계란의 위생화와 저장성 증진을 위한 연구의 일환으로, 계란에서 발생하기 쉬운 *Salmonella* Typhimurium을 부착시킨 후 냉온살균기술의 하나인 오존 가스를 처리하여 저장하면서 계란에 오염된 위해 미생물의 제어 및 이화학적 특성변화를 측정하였다.

재료 및 방법

시료

본 시험에 사용된 계란은 충북 증평군 증평읍 소재의 성수립 부화장에서 생산된 지 1일 미만의 계란을 구입하여 사용하였다.

Salmonella Typhimurium 배양

오존 처리에 의한 계란에 부착된 미생물의 제거 정도를 측정하기 위하여 Kim 등(2010a)의 방법에 따라 계란의 난각을 70% ethanol로 살균, 세척하고 살균된 rack에 올려 놓고 UV light를 작동시킨 clean bench에서 15분 동안 건조 및 살균처리를 하였다.

S. Typhimurium(KCTC 1925)은 250 mL의 nutrient broth 배지에서 37°C에서 20시간 동안 교반하면서(200 rpm) 배양하였다. 그 후 살균된 계란을 *S. Typhimurium* 이 배양된 배지(10^{10} cells/mL, nutrient broth)에 10분 동안 침지하였으며 *S. Typhimurium*이 부착된 계란은 살균된 rack으로 옮겨 UV light를 작동시키지 않은 clean bench에서 상온으로 15분 동안 송풍 건조하였다.

오존 처리

*S. Typhimurium*이 부착된 계란에의 오존 처리는 오존발생장치(Ozone Tech. Co., Korea)를 이용하여 계란이 담겨진 chamber에 연결하여 처리하였다. 처리시의 온도는 25°C로 하였고 처리군 chamber내의 농도는 약 38.8 ppm 으로 하여 각각 10, 20 및 30분 동안 처리하였으며 4°C의 냉장고에서 14일 동안 저장하면서 *S. Typhimurium* 균수 측정 및 이화학적인 변화를 측정하였다. 이때 각 처리군의 chamber에는 60개의 계란을 담아 오존처리를 하였으며 각각의 실험별로 3개의 계란을 무작위로 선정하여 시료로 사용하였다.

Salmonella Typhimurium 균수 측정

오존 처리한 계란의 *S. Typhimurium* 균수를 측정하기 위하여 0, 3, 7 및 14일에 계란을 깨어 난각을 분리하고 stomacher bag에 멸균된 0.9% 생리식염수 63 mL과 난각 7.0 g을 넣고 균질화 시켰다. 균질화된 시료는 10배 희석 방법으로 희석하고 nutrient agar(Difco laboratories, Livonia, MD, USA) 배지를 이용하여 37°C에서 48시간 동안 배양한 후 계수하였으며 시료 1 g당 log colony forming unit(log CFU/g)로 나타내었다.

이화학적 품질 측정

오존 처리한 계란의 이화학적 품질을 측정하기 위하여 난황 및 난백의 pH, 난황색, Haugh unit, 난백의 foaming capacity 및 foaming stability, 지방산패도를 측정하였다. 즉 난백과 난황의 pH는 시료에 증류수를 가하여 10배로 희석한 후 pH meter(model 750P isTec, Seoul, Korea)를 사용하여 측정하였으며 난황색과 Haugh unit은 QCM+ system(Technical services and supplies, york, England)를 사용하여 측정하였다. 난백의 거품 형성능 및 거품 안정성은 Philips 등(1994)의 modified method를 사용하여 측정하였다. 지방산패도는 Buege와 Aust(1978)의 방법에 따라 난황 5 g에 butylated hydroxyanisole(BHA) 50 μ L와 증류수 15 mL를 첨가하여 균질화 시킨 후 균질액 1 mL를 시험관에 넣고 여기에 2 mL thiobarbituric acid(TBA)/trichloroacetic acid(TCA) 혼합용액을 넣어 완전히 혼합한 다음, 90°C의 항온수조에서 15분간 열처리한 후 냉각시켜 3,000 rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심분리한 시료의 상층액을 회수하여 531 nm에서 흡광도(O.D.)를 측정하였으며 TBARS 값은 다음의 식에 의하여 산출하였다.

$$\text{TBARS value(mg malondialdehyde/kg)} = \text{O.D.} \times 5.88$$

통계처리

본 시험에서 얻어진 결과는 SPSS 14.0(Statistical Package for Social Sciences, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) program을 사용하여 분석하였다. 처리군과 저장일수에 따른 변화는 one-way ANOVA로 검증하였고, 유의차가 있을 경우 사후검증 방법으로 Student-Newman-Keul's multiple range test를 적용하여 분석하였다. 통계적인 유의수준은 $\alpha = 0.05$ 로 설정하였다.

결과 및 고찰

Salmonella Typhimurium 균수 측정

오존 처리에 의한 계란의 위생화 정도를 측정하기 위하여 계란에 *S. Typhimurium*을 부착시킨 후 오존 처리를 하고 저장하면서 계란 난각에 부착된 *S. Typhimurium* 균수

를 측정된 결과는 Table 1과 같다.

대조군의 경우, 난각에 부착된 *S. Typhimurium* 균수는 6.18 log CFU/g으로 나타났으나 10-30분 오존 처리군의 경우에는 4.22-5.25 log CFU/g으로 대조군에 비하여 감소된 균수를 볼 수 있었으며 특히 30분 오존 처리군은 대조군에 비하여 약 2 log cycle 정도의 낮은 균수를 보여 오존 처리시 균수가 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 오존 처리시간이 증가할수록 유의적으로 감균효과가 증가하는 것으로 나타났다($p<0.01$).

저장기간에 따른 계란 난각에 부착된 *S. Typhimurium* 균수의 변화를 살펴보면 대조군의 경우, 저장기간 동안 6.06-6.70 log CFU/g 정도로 저장기간 증가할수록 증가하는 경향이였다. 그러나 오존 처리군의 경우에는 대조군에 비하여 오존 처리 직후와 비교하여 저장 14일 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 이와 같은 결과는 오존 처리에 의하여 난각에 부착된 미생물이 감균되어 저장기간 중에서도 그 효과가 유효한 것으로 사료되었다.

Rodriguez-Romo와 Yousef(2005)는 난각에 *Salmonella enterica*를 접종하고 1.45 L/min의 유속으로 5분 및 8분 동안 오존을 처리한 결과, 대조군에 비하여 2.3-2.6 log cycle 정도의 감균할 수 있었다고 하여 본 결과와 일치하는 경

향이였다.

Kim 등(2010a)은 계란의 위생화 및 저장성 증진을 위하여 계란에 *Escherichia coli*를 접종하고 2 kGy의 감마선을 조사하였을 때 검출한계 이하의 균수를 보였다고 하여 본 오존 처리 결과와 비교해 보면 감마선 조사보다 감균효과는 다소 약한 것으로 확인되었다. Luck와 Jager(1998)는 오존이 미생물의 세포벽을 붕괴시키거나 구성단백질을 변성시켜 미생물의 생육을 억제 또는 지연시킨다고 하여 계란에의 오존 처리는 미생물의 생육을 지연시켜 위생화가 가능할 것으로 사료되었다.

Haugh unit 및 난황색

Haugh unit은 저장 기간의 경과와 역의 상관 관계가 있어 계란의 신선도 및 내부 품질을 평가하는 주요 지표이고(Joo *et al.*, 2002) 난황색은 계란의 품질 지표 중의 하나로 사용되고 있어 계란의 위생화를 위해 오존 처리한 후 저장하면서 계란의 Haugh unit과 난황색의 변화를 측정된 결과는 Table 2와 같다.

오존 처리를 하지 않은 대조군은 Haugh unit 값이 96.67이었으며 오존 처리군은 92.97-93.50으로 대조군에 비하여 다소 낮은 값을 보였지만 유의적인 차이는 없는 것으로

Table 1. Effects of ozone treatment on the number of *S. Typhimurium* inoculated on egg shell during storage at 4°C

(Unit : log CFU/g)

Ozonation (min)	Storage (d)				F-value
	0	3	7	14	
Control	6.18±0.04 ^{aB1)}	6.06±0.37 ^{aB}	6.46±0.19 ^{aAB}	6.70±0.16 ^{aA}	5.603*
10	5.25±0.47 ^b	5.61±0.51 ^{ab}	5.52±0.33 ^b	5.74±0.08 ^b	0.983
20	4.93±0.18 ^b	5.37±0.27 ^b	5.19±0.19 ^b	5.36±0.15 ^b	3.791
30	4.22±0.40 ^c	4.22±0.20 ^c	4.54±0.20 ^c	4.31±0.37 ^c	0.896
F-value	23.309**	38.398**	34.843**	70.555**	

¹⁾Values with different superscripts within the same column (a-c) and row (A, B) were significantly different.

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

Table 2. Effects of ozone treatment on Haugh unit and egg yolk color in egg during storage at 4°C

Ozonation (min)	Storage (d)				F-value	
	0	3	7	14		
Haugh unit	Control	96.67±13.19	95.63±7.69	99.27±1.00	97.13±7.75	0.095
	10	92.97±17.41	96.03±2.30	103.00±8.57	92.87±8.24	0.603
	20	93.50±10.33	99.37±8.33	95.43±0.91	84.50±2.00	2.627
	30	93.00±4.19 ^{BC}	99.97±4.47 ^{AB}	104.43±2.29 ^A	89.57±8.21 ^C	4.906*
	F-value	0.063	0.389	2.428	1.714	
Egg yolk color (%)	Control	11.67±0.58	11.00±1.00	11.33±0.58	12.00±0.00 ^{ab}	1.333
	10	11.67±1.15	12.00±0.00	11.00±0.00	11.67±0.58 ^b	1.267
	20	12.00±1.00	11.33±0.58	10.33±1.15	11.33±0.58 ^b	1.889
	30	12.00±1.73	12.00±0.00	12.33±1.15	12.67±0.58 ^a	0.262
	F-value	0.078	2.250	2.778	3.889*	

¹⁾Values with different superscripts within the same column (a, b) and row (A-C) were significantly different.

* $p<0.05$

나타나($p>0.05$) 오존 처리에 의한 계란의 Haugh unit의 변화는 없는 것으로 사료되었다.

저장기간에 따른 haugh unit 값의 변화를 살펴보면 대조군은 95.63-99.27로 초기와 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다($p>0.05$). 이와 같이 초기와 큰 차이를 보이지 않는 이유는 저장시의 온도가 낮기 때문인 것으로 사료되었다. 오존 처리군은 저장 14일에 84.50-92.87로 초기에 비하여는 다소 감소하기는 하였으나 대조군과 비교할 때 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나($p>0.05$) 오존 처리 및 저장기간에 따른 Haugh unit의 변화는 없는 것으로 판단되었다

Kim 등(2010a)은 계란의 위생화를 위하여 감마선을 처리하였을 때 Haugh unit 값이 감소하고 조사선량이 높을수록 감소한다고 하여 본 실험에서 사용한 오존과 비교할 때 오존은 Haugh unit값의 변화가 없는 것으로 나타나 오존에 의한 품질변화는 없는 것으로 사료되었다.

난황색의 경우, 오존 처리하지 않은 대조군은 11.67%였으며 오존 처리 직후의 난황색은 11.67-12.00%로 대조군과 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나($p>0.05$) 오존 처리에 의한 난황 색상의 변화는 없는 것으로 확인되었다. 저장기간에 따른 난황색의 변화에서도 대조군 및 오존 처리군 모두 큰 차이를 보이지 않는 것으로 나타났다. Liu 등(2009a)은 계란에 감마선을 조사하였을 때 난황색이 감소한다고 하여 감마선 조사에 의하여 품질변화를 가져온다고 하였는데 본 계란에의 오존 처리에서는 처리 직후 및 저장기간 내내 큰 차이를 보이지 않아 오존에 의한 품질변화는 없는 것으로 판단되었다.

pH 변화

계란의 위생화를 위하여 계란에 오존 처리를 한 후 저장하면서 난백 및 난황의 pH 변화를 측정된 결과는 Table 3과 같다.

오존 처리하지 않은 대조군 난백의 pH는 8.95 였으며 오존 처리를 한 경우에는 8.68-8.91로 대조군에 비하여 약간 낮은 pH를 보였지만 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 저장기간에 따른 난백의 pH 변화에서는 10분 오존처리군에서만 저장기간이 증가할수록 약간 증가하였고 다른 실험군에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다.

난황의 경우, 대조군의 pH는 6.53이었으며 10-30분 오존 처리군은 각각 6.45, 6.35 및 6.32로 오존 처리에 의하여 pH가 다소 낮았지만 대조군과 유의적인 차이는 없었다. 저장기간에 따른 난황 pH 변화에서도 대조군 및 오존 처리군 모두 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나($p>0.05$) 오존에 의한 pH의 변화는 없는 것으로 판단되었다.

Liu 등(2009a)은 계란에 감마선을 조사하고 난백 및 난황의 pH를 측정된 결과, 감마선 조사에 의하여 난백 및 난황의 pH가 증가하였고 7일 동안 실온에서 저장하는 동안 pH가 증가한다고 하여 오존 처리시의 결과와 비교할 때 pH의 변화가 거의 없는 것으로 나타나 감마선 조사보다는 오존 처리에 의한 품질변화가 적은 것으로 판단되었다.

거품 형성능, 거품 안정성 및 지질산패도

계란에 오존 처리를 한 후 저장하면서 난백의 거품 형성능, 거품 안정성 및 지질 산패도의 변화를 측정된 결과는 Table 4와 같다.

거품 형성능의 경우, 대조군은 30.00 mm였으며 오존 처리군의 경우에는 각각 28.67, 24.33 및 24.67 mm로 대조군에 비하여 낮은 거품형성능을 나타내었으나 유의적인 차이는 없는 것으로 나타났다($p>0.05$). 또한 저장기간에 따른 변화에서도 대조군 및 오존 처리군 모두 저장기간 및 오존 처리 유무에 의한 유의적인 차이를 보이지는 않는 것으로 나타나($p>0.05$) 오존 처리에 의한 거품 형성능의 변화는 없는 것으로 사료되었다.

거품 안정성의 경우에는 대조군은 10.33 mm였으며 오

Table 3. Effects of ozone treatment on pH of egg white and yolk during storage at 4°C

	Ozonation (min)	Storage (d)				F-value
		0	3	7	14	
Egg white	Control	8.95±0.09	8.81±0.35	9.04±0.05	9.00±0.05	0.916
	10	8.79±0.08 ^B	8.91±0.09 ^{AB}	8.89±0.03 ^{AB}	8.95±0.03 ^A	3.840*
	20	8.91±0.17	8.92±0.03	8.99±0.10	8.88±0.04	0.675
	30	8.68±0.07	8.82±0.04	8.89±0.16	8.76±0.22	1.237
	F-value	4.012	0.299	1.942	2.609	
Egg yolk	Control	6.53±0.18	6.29±0.38	6.55±0.20	6.77±0.48	0.423
	10	6.45±0.10	6.31±0.09	6.39±0.13	6.62±0.46	0.879
	20	6.35±0.18	6.42±0.04	6.44±0.13	6.60±0.26	1.065
	30	6.32±0.09 ^B	6.45±0.05 ^{AB}	6.33±0.06 ^B	6.52±0.09 ^A	5.171*
	F-value	1.197	2.471	1.360	0.257	

¹⁾ Values with different superscripts within the same column (a-c) and row (A, B) were significantly different.

* $p<0.05$

Table 4. Effects of ozone treatment on foaming capacity, foaming stability and 2-thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) value of egg white during storage at 4°C

	Ozonation (min)	Storage (d)				F-value
		0	3	7	14	
Foaming capacity (mm)	Control	30.00±1.73	24.67±1.53	25.00±2.65	29.00±8.72	1.011
	10	28.67±0.58	29.33±4.73	24.33±1.53	36.67±11.55	1.984
	20	24.33±6.66	24.00±1.00	26.33±7.57	35.00±13.08	1.167
	30	24.67±5.03	24.67±6.66	25.00±3.61	27.33±1.53	0.234
	F-value	1.332	1.041	0.106	0.643	
Foaming stability (mm)	Control	10.33±1.53 ^{aA1)}	5.33±1.53 ^B	5.33±2.31 ^B	7.00±2.00 ^{AB}	4.762*
	10	8.33±1.53 ^{ab}	10.00±3.00	5.33±1.15	9.33±4.51	1.545
	20	5.33±0.58 ^c	6.00±2.00	4.00±2.00	4.33±0.58	1.167
	30	6.67±1.15 ^{bcA}	6.00±1.73 ^{AB}	3.67±0.58 ^B	4.33±0.58 ^{AB}	4.711*
	F-value	8.842**	2.982	0.838	2.787	
TBARS value (mg malondialdehyde/g)	Control	0.52±0.05	0.55±0.11	0.59±0.05	0.60±0.08	0.510
	10	0.54±0.06	0.58±0.06	0.65±0.15	0.59±0.04	0.510
	20	0.55±0.02	0.49±0.01	0.66±0.12	0.56±0.04	2.746
	30	0.54±0.05	0.57±0.02	0.54±0.03	0.57±0.06	0.305
	F-value	0.255	0.963	0.633	0.180	

¹⁾Values with different superscripts within the same column (a-c) and row (A, B) were significantly different.

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

존 처리군은 5.33-8.33 mm로 대조군보다는 낮게 나타나 오존 처리에 의하여 난백의 거품 안정성이 감소하였다. 저장기간에 따른 거품 안정성의 변화에서는 대조군은 초기에 비하여 저장기간이 증가할수록 감소하였으며 오존 처리군의 경우에도 대체적으로 대조군과 마찬가지로 저장기간 증가에 따라 거품 안정성이 감소하는 경향이였다.

Kim과 Imm(2004)은 신선한 계란을 4°C에서 4주동안 저장하면서 거품형성능력과 안정성의 변화를 측정 한 결과, 난백의 거품형성능은 측정 한 기간동안 차이가 나타나지 않았고 거품 안정성의 경우, 저장 1주 이후부터 유의적으로 감소한다고 하여 본 결과와 일치하였다. Liu 등(2009b)은 계란에 냉온살균기술 중의 하나인 감마선을 2 kGy까지 조사한 결과, 거품 형성능 및 거품 안정성이 감마선 조사 선량이 높아질수록 증가한다고 하였으며 Kim 등(2010b)은 계란에 전자선을 조사한 경우, 감마선과 마찬가지로 거품형성능 및 거품 안정성이 증가한다고 하였는데 본 결과와 비교해 볼 때 감마선 또는 전자선 조사와 달리 오존 처리에 의한 변화가 없어 오존 처리가 계란을 위생화시키면서도 품질의 변화를 최소화 할 수 있는 방법 중의 하나인 것으로 판단되었다. 한편, Clark 등(1992) 및 Liu 등(2009b)은 감마선 조사에 의한 거품 형성 및 안정성의 변화는 난백 단백질의 2차 구조를 약간 변화시키게 되고 이를 활용하여 분무 건조 난백을 제조할 때 유용하다고 하여 계란에의 오존 처리는 위생화에, 감마선 조사는 물리적 성질 변화에 따른 난황, 난백의 분리능 향상 및 분무건조 난백 제조 등의 가공처리시에 사용하면 바람직할 것으로 사료되었다.

지질산패도의 경우, 대조군은 TBARS 값이 0.52였으며 오존 처리군에서는 0.54-0.55로 오존 처리군이 다소 높게 나타났지만 유의적인 차이가 없는 것으로 나타나($p > 0.05$) 실험에 사용한 오존 처리 농도에서는 지질산화가 관찰되지 않았다. 저장기간에 따른 지질산패도의 경우에서도 대조군 및 오존 처리군 모두 처리직후와 비교할 때 저장기간 내내 유의적인 차이를 보이지 않는 것으로 나타나($p > 0.05$) 오존에 의한 지질 산화는 없는 것으로 사료되었다.

이상의 결과를 종합하여 보면 오존 처리에 의하여 계란 난각에 부착된 살모넬라균의 생육 억제효과가 있었으며 계란의 품질을 평가하는 주요 지표인 Haugh unit, 난황색, 난백 및 난황의 pH, 거품 형성능 및 지질 산패도 측정에서는 대조군 및 오존 처리군 모두 큰 차이가 없어 오존 처리에 의한 계란의 품질변화 없이 계란의 위생화에 적합한 방법인 것으로 사료되었으며 특히 오존 38.8 ppm의 농도로 30분 처리시 미생물 제어 효과가 가장 우수한 것으로 사료되었다.

요 약

계란의 위생화와 저장성 증진을 위한 연구의 일환으로 *S. Typhimurium*을 부착시킨 계란에 냉온살균기술의 하나인 오존가스를 처리하고 저장하면서 계란에 오염된 위해 미생물의 제어 및 이화학적 특성변화를 측정하였다. 대조군의 경우, 난각에 부착된 *S. Typhimurium* 균수는 6.18 log CFU/g 으로 나타났으나 10-30분 오존 처리군의 경우에는 4.22-5.25 log CFU/g 으로 대조군에 비하여 감소된

균수를 볼 수 있었으며 특히 30분 오존 처리군은 약 2 log cycle 정도의 낮은 균수를 보여 오존 처리에 의하여 균수가 감소되는 것을 확인할 수 있었다. 또한 오존 처리시간이 증가할수록 유의적으로 감균효과가 큰 것으로 나타났다. 저장기간에 따른 변화에서는 대조군은 저장기간이 증가할수록 약간 증가하였으나 오존 처리군은 처리 직후와 비교할 때 저장 14일 동안 유의적인 차이를 보이지 않았다. 계란의 품질을 평가하는 주요 지표인 Haugh unit, 난황색, 난백 및 난황의 pH, 거품 형성능, 거품 안정성 및 지질 산패도 측정에서는 대조군 및 오존 처리군 모두 큰 차이를 보이지 않았으며 저장기간 동안에도 차이가 없는 것으로 나타나 오존 처리에 의한 계란의 품질변화는 없는 것으로 나타나 계란의 위생화에 적합한 방법으로 사료되었다.

참고문헌

- Buege, J. A. and Aust, J. D. (1978) Microsomal lipid peroxidation. *Methods Enzymol.* **52**, 302-308.
- Choe, J. H., Nam, K. C., Jung, S., Kim B., Yun, H. J., and Jo, C. (2010) Differences in the quality characteristics between commercial Korean native chickens and broilers. *Korean J. Food Sci. Ani.* **30**, 13-19.
- Clark, D. S., Olson, J. C., and Roberts, T. A. (eds). (1980) Microbial ecology of foods. Academic Press, New York, **1**, 189-192.
- Clark, D. C., Kiss, I. F., Wilde, P. J., and Wilson, D. R. (1992) The effect of irradiation on the functional properties of spray-dried egg white protein. *Food Hydrocolloid* **5**, 541-548.
- Gast, R. K., and Beard, C. W. (1992) Detection and enumeration of *Salmonella enteritidis* in fresh and stored egg laid by experimentally infected hens. *J. Food prot.* **55**, 155-156.
- Gast, R. K., Holt, P. S., and Murase, T. (2005) Penetration of *Salmonella enteritidis* and *Salmonella heidelberg* into egg yolks in an *in vitro* contamination model. *Poultry Sci.* **84**, 621-625.
- Jones, F. T., Rives, D. V., and Carey J. B. (1995) *Salmonella* contamination in commercial eggs and an egg production facility. *Poultry Sci.* **74**, 753-757.
- Joo, S. T., Lee, S. J., Hur, S. J., Ha, H. K., Ha, Y. L., and Park, G. B. (2002) Effects of dietary conjugated linoleic acid on the egg quality. *Korean J. Food Sci. Ani.* **22**, 252-258.
- Liu, X. D., Jang, A. E., Kim, D. H., Lee, B. D., Lee, M. H., and Jo, C. (2009a) Effect of combination of chitosan coating and irradiation on physicochemical and functional properties of chicken egg during room-temperature storage. *Radiat. Phys. Chem.* **78**, 589-591.
- Liu, X. D., Han, R. X., Yun, H., Jung, K. C., Jin, D. I., Lee, B. D., Min, T. S., and Jo, C. (2009b) Effect of irradiation on foaming properties of egg white proteins. *Poultry Sci.* **88**, 2435-2441.
- Luck, E. and Jager, M. (1998) Antimicrobial food additives. 2nd ed., Springer-Verlag, New York, p. 42.
- Khadre, M. A., Yousef, A. E., and Kim, J. G. (2001) Microbiological aspects of ozone applications in food a review. *J. Food Sci.* **6**, 1242-1252.
- Kim, H. J., Yun, H. J., Jung, S., Jung, Y. K., Ham, J. S., Jin, S., and Jo, C. (2010a) Effect of combination of chitosan coating and gamma irradiation on the foodborne pathogen reduction and nutritional properties of chicken egg. *Korean J. Poult. Sci.* **37**, 35-41.
- Kim, H. J., Yun, H. J., Jung, S., Jung, Y. K., Kim, K. H., Lee, J. W., and Jo, C. (2010b) Effects of electron beam irradiation on pathogen inactivation, quality, and functional properties of shell egg during ambient storage. *Korean J. Food Sci. Ani.* **30**, 603-608.
- Kim, J. W., Kim, H. C., and Hur, J. W. (1998) Quality changes of egg product during storage. *Korean J. Food Sci. Technol.* **30**, 1480-1483.
- Kim, M. R. and Imm J. Y. (2004) Convenient method for the determination of foaming properties of egg white and its verification. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**, 728-732.
- Ko, K. Y. and Ahn, D. U. (2008) An economic and simple purification procedure for the large-scale production of ovotransferrin from egg white. *Poultry Sci.* **87**, 1441-1450.
- Park, J. Y. (2000) Use of ozone sterilization for food industry. *Food Sci. Ind.* **33**, 50-57.
- Phillips, L. G., Whitehead, D. M., and Kinsella, J. (1994) Structure-function properties of food proteins. Academic Press, San Diego.
- Rodriguez-romo, L. A. and Yousef, A. E. (2005) Inactivation of *Salmonella enterica* Serovar Enteritidis on shell eggs by ozone and UV radiation. *J. Food Prot.* **68**, 711-717.
- Schoeni, J. L., Glass, K. A., McMernott, J. L., and Wong, A. C. L. (1995) Growth and penetration of *Salmonella enteritidis*, *Salmonella heidelberg* and *Salmonella typhimurium* in egg. *Int. J. Food Microbiol.* **24**, 385-396.
- Wong, Y. C., Herald, T. J., and Hachmeister, K. A. (1996) Comparison between irradiated and thermally pasteurized liquid egg white on functional, physical, and microbiological properties. *Poultry Sci.* **75**, 803-808.
- You, Y. M. (2003) Changes in quality of egg with storage temperature and time. *Monthly Poult.* **3**, 119-124.