

Sodium Alginate 코팅이 계란의 저장시 품질에 미치는 영향

홍완표¹ · 정윤희² · 안용현^{1*}

¹단국대학교 화학과, ²단국대학교 식품영양학과

Effects of a Sodium Alginate Coating on Egg Quality during Storage

Wanpyo Hong¹, Yoonhwa Jeong² and Yonghyun Ahn^{1*}

¹Dept. of Chemistry, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

²Dept. of Food Science and Nutrition, Dankook University, Yongin 448-701, Korea

Abstract

This study was conducted to determine the effects of a 0.5% sodium alginate eggshell coating, that was applied at two temperatures, 5 and 25°C, by examining the degree of microbial inhibition on the eggshell surface as well as the coating's effects on egg quality during storage. A significant portion of human *Salmonella enteritidis* infection is traced to food contamination, and eggs are often highly exposed to this type of contamination. The 0.5% sodium alginate coating's effect for inhibiting microbial growth on the eggs, at 25°C for 7 days, was one hundred thousand times more effective than that of the uncoated eggs. The pH level in eggs increases as the eggs lose CO₂ and as the storage temperature increases. We found that the pH of the coated eggs was lower than that of the uncoated eggs. The pH for the uncoated eggs changed from 7.72 to 7.94 over 30 days of storage at 5°C. However, when the eggs were coated with 0.5% sodium alginate, the pH changed from 7.72 to 7.85 over 30 days of storage at 5°C. The Haugh unit was 66.02 for the uncoated eggs and 70.37 for the 0.5% sodium alginate coated eggs after 30 days of storage. The yolk index of the eggs coated with sodium alginate was higher than that of the uncoated eggs after 30 days. These results indicate that a sodium alginate coating on eggs can serve as protection from microbes and is effective in preserving the interior quality of eggs.

Key words : Egg coating, natural polymer, alginate, microbes, Haugh unit.

서론

Na 또는 K 등 염의 형태인 alginate는 분자량 및 입자의 형태에 따라 다양한 물성을 보이고 있으며(Haug *et al* 1962, You *et al* 1999), 한 예로 다시마에서 추출하는 방법에 따라 화학적 성질의 변화를 가져온다(Grant *et al* 1973).

식품 산업에서 alginate는 필름의 형태로 다양하게 이용되고 있으며, 특히 과일이나 채소의 외부면에 코팅하면 미생물의 생육이 억제되어 부패를 방지하고, 저장성이 증가된다(Kester *et al* 1986). 천연고분자를 이용한 코팅은 난각의 세기를 증가시키고, 미생물의 침투를 방지하는 장점이 있다. 최근 건강에 관심이 크게 증가하면서 코팅 재료 또한 건강에 무해한 천연 고분자인 키토산(Caner *et al* 2007, No *et al* 2005, Bhale *et al* 2003), 단백질(Alleoni *et al* 2004, Caner C 2005) 그리고 탄수화물(Xie *et al* 2002)등이 계란의 코팅에 사용되어 계란의 저장성이 증가되었다는 것으로 보고되어왔다.

계란은 난각, 난각막, 난백 및 난황 등으로 구성되어 있고, 무균상태로 형성되나, 외부로 산란되는 과정에서 오염원에 노출되어 장외세균인 *Salmonella*, *Enterobacter*, *Klebsiella* 등이 계란 껍질에 오염되는 것으로 알려졌다. 장내 세균 중 *Salmonella*는 식중독을 일으키는 가장 일반적인 박테리아이며, 이러한 박테리아는 구토와 설사를 유발하며, 특히 노약자에게 위험하다(Gast *et al* 2005).

계란은 외부에 다양한 막을 형성하고 있기 때문에 자체적으로 미생물 방어 기능을 가지고 있고, 신선도를 오랫동안 유지할 수 있다. 그러나 계란의 영양분은 미생물의 성장에 최적 조건을 가지고 있으므로 뜨거운 물과 염소를 이용하는 세척과정 중 큐티클 층이 파괴된 계란은 미세척란에 비하여 저장 중 품질이 크게 떨어진다. 자연적으로 오염된 계란은 병원균의 내부 감염으로 급속하게 진행하지 않지만, 난황막을 통과한 박테리아는 난황막의 풍부한 영양원으로 인하여 급속하게 증식이 일어날 수 있다(Gast *et al* 2005).

본 연구에서는 물리적, 화학적으로 매우 안정적이면서도 인체에 해가 없는 천연 고분자 물질인 sodium alginate를 이용하여 계란의 표면에 코팅 처리를 하여 저장 중 신선도 변

* Corresponding author : Yonghyun Ahn, Tel : +82-31-8005-3150, Fax : +82-31-8005-3148, E-mail : yhahn@dankook.ac.kr

화와 세균의 증식 억제도 및 저장 중 품질변화를 비교 관찰하였다.

재료 및 방법

1. 시약 및 시료

본 실험에 사용된 계란은 홍일농장(경기도 용인)에서 생산되는 일반란을 시중에서 구입하여 이용하였다. Sodium alginate는 Aldrich(USA)사에서 구입하여 사용하였고, 난각 표면의 미생물 억제 효과 시험에 사용된 액체배지는 Difco(USA)사의 nutrient broth를 정제수에 용해한 후 121°C에서 15분간 가압 멸균하여 사용하였으며, 균수의 확인에 사용되는 평판 배지는 nutrient broth 배지에 1.5%의 agar를 첨가하여 동일한 조건의 가압 멸균하여 사용하였다. 증류수 및 기구의 멸균은 가압 멸균기(SANYO, MLS-3020)를 사용하였다.

2. 코팅 용액의 제조 및 난각 코팅

멸균 처리된 증류수 100 mL에 sodium alginate 0.5 g을 첨가하여 0.5%(w/v) 용액을 제조하였다. 제조된 코팅 용액을 계란 표면에 0.15 mL를 분무하여 충분히 코팅한 후 그늘에 건조시켰다.

3. 저장성 실험

계란을 5°C 와 25°C에서 30일간 저장하면서 5일 간격으로 할란하여 난황과 난백을 혼합한 후 pH를 측정하여 신선도를 비교하였다.

4. 코팅 처리된 난각 표면 미생물 억제 효과 시험

0.5% Sodium alginate로 코팅 처리된 계란과 처리되지 않은 대조군을 일주일 동안 5°C, 25°C에서 각각 3시료군씩 저장하였다. 일주일 후 난각 표면에서의 미생물 채취를 위해 준비된 시료(각각 3개씩)를 멸균 면봉으로 난각의 전 표면을 문지른 후 준비된 nutrient broth 100 mL를 총량으로 하여 각각 채취된 미생물을 접종하고, 37°C에서 100 rpm으로 24시간 교반 배양하였다. 각각 배양된 시험군과 대조군의 colony count를 위하여 0.1%의 peptone 용액으로 적정 희석 비율로 희석하고(10⁰, 10¹, 10²배) 각각 시료에 대한 희석액을 nutrient agar 평판 배지에 3회 이상씩 spreading 법으로 접종하여 37±1°C에서 24~48시간 평판 배양하였으며, 배양 후 생성된 colony의 총 균수를 확인하고 대조군과 시험군 간의 균 감소를 비교하였다.

5. 난황계수(Yolk Index)와 Haugh Unit

난황계수(yolk index)와 Haugh unit는 5일 간격으로 5°C와

25°C에서 측정하였다. 난황 계수(yolk index)는 Yolk index = Yolk height/Yolk width의 비율로 계산하였으며(Funk EM 1948), Haugh unit는 다음 공식에 의하여 계산하였다(Haugh RR 1937). Haugh unit = 100 log(H-1.7W^{0.37}+7.6). 여기서 H는 알부민의 높이(mm)이고, W는 계란의 질량(g)이다. H값은 micrometer calipers(Mitutoyo, Japan)로 측정된 값을 평균하였다.

결과 및 고찰

1. 저장성 실험

계란은 난각에 대략 15,000개의 작은 구멍이 존재하며, 이 구멍을 통하여 수분 및 이산화탄소가 배출된다. 난백의 88% 난황의 50%가 수분이며, 나머지는 단백질 및 지방 등의 성분이다. 계란의 단백질은 시간이 경과함에 따라 OH, COOH, NH₂, SH기 등이 변성에 관여되고 반응성이 증가됨으로써 점도 및 pH의 변화가 일어난다(Wesley *et al* 1959, Stadelman *et al* 1954). 이러한 단백질의 변형은 pH의 변화를 동반하므로 pH의 변화를 측정함으로써 계란의 신선도를 비교하였다. 신선한 계란의 pH는 6.0~6.5 정도이며, 이를 기준으로 sodium alginate 용액을 사용하여 난각을 코팅한 후 5°C와 25°C에서 30일간 저장하면서 5일 간격으로 pH를 측정하였다.

코팅된 계란의 pH는 대조군에 비하여 낮은 pH값을 나타냈다. 대조군의 pH는 5°C에서 7.72에서 7.94로 증가하였고, 0.5%의 sodium alginate 용액으로 코팅된 계란의 pH는 7.72에서 7.85로 그 변화가 30일간 저장하는 동안 크지 않았다. 그러나 25°C에서의 pH 변화는 코팅된 계란과 대조군에서 크게 나타났다(Fig. 1). 계란이 CO₂를 방출함으로써 계란의 pH가 증가한 것으로 사료된다. Walsh *et al*(1995)은 신선한 계란의 pH는 7.5 정도이며, 실온에서 2주간 저장시 9.5로 증가하였다고 보고하였다. CO₂의 감소가 pH의 변화에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있고, sodium alginate로 코팅하였을 경우, 난각의 구멍을 막음으로서 상대적으로 CO₂ 손실이 적고 이로 인하여 pH의 변화가 작은 것으로 사료된다. 난각을 코팅한 후 저장온도에 따른 pH의 변화를 측정된 결과, 코팅의 재료보다 저장 온도가 2°C인 경우, 28°C에 비하여 pH의 변화가 거의 없는 것으로 보고(Caner C 2005)되었는데, 이는 본 연구에서 5°C에서 계란을 저장하였을 경우 25°C보다 pH의 변화가 작게 나타난 결과와 유사하였다.

2. 코팅 처리된 난각 표면의 미생물 억제 효과

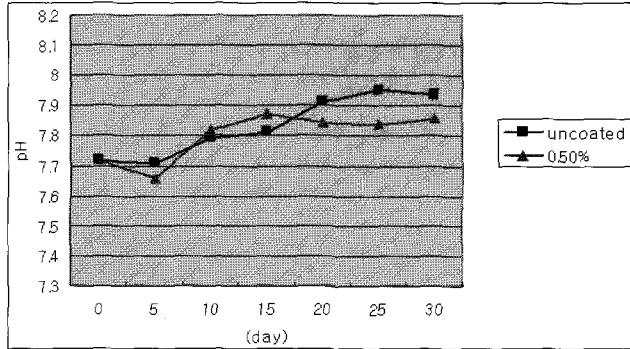
오염된 닭이 생산한 계란은 난각 표면 및 내부에 *Salmonella enteritidis*를 함유하고 있으며(Gast *et al* 2005), 정상적인 닭의 경우도 산란 시 다양한 미생물에 노출되기 때문에 세척 과정을 통하여 미생물을 제거하고 있다. 천연 고분자 물질이 코팅 처리된 난각의 미생물 개체수를 확인하여 시간 변화 및 온도

에 따른 항균 효과를 측정하였다. 저장성 실험에서 효과를 나타낸 천연 고분자 물질인 0.5% sodium alginate 용액으로 코팅된 난각 표면에서의 미생물 수는 Table 1과 같다. 25°C에서 저장한 경우 0.5% sodium alginate 용액으로 코팅된 난각 표면에서는 평균 3.8×10^7 cfu/mL, 코팅되지 않은 대조군에서 평균 5.3×10^8 cfu/mL이었으며, 두 군 간에 유의차는 없었다. 반면 5°C에서 저장 시 코팅 처리된 난각 표면에서는 평균 $1 \times$

Table 1. Effect of 0.5% sodium alginate coating on growth inhibition of microbes of the egg shell at 5°C and 25°C after 7 days of storage

Sample	Classification	Inoculum conc. (CFU/mL)	Average (CFU/mL)
Egg shell (5°C)	Uncoated	1	4.0×10^9
		2	7.9×10^9
		3	2.3×10^8
	0.5% coated	1	$< 1 \times 10^4$
		2	$< 1 \times 10^4$
		3	$< 1 \times 10^4$
Egg shell (25°C)	Uncoated	1	2.6×10^8
		2	3.4×10^8
		3	1×10^9
	0.5% coated	1	1×10^6
		2	1.5×10^8
		3	1×10^7

A. Storage at 5°C



B. Storage at 25°C

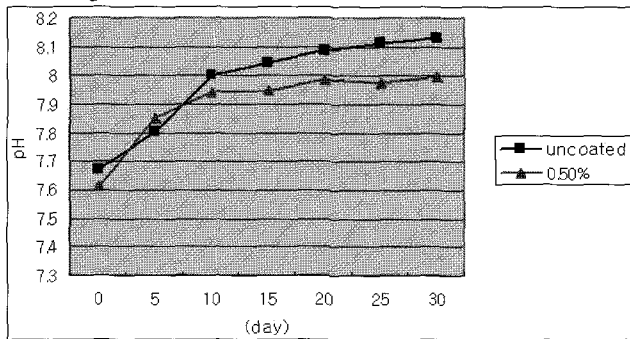


Fig. 1. Effect of sodium alginate coating on pH of egg during storage at 5°C and 25°C.

10^4 cfu/mL 이하이었고, 미처리된 대조군에서는 평균 4.0×10^8 cfu/mL이었다. 이는 5°C에서 저장시 0.5% sodium alginate 용액 코팅 계란의 세균이 대조군에 비하여 상대적으로 적었다(Table 1).

3. 저장 중 난황 계수의 변화

난황 계수(yolk index)로 측정되는 난황의 품질 변화는 난황막의 점진적인 약화를 나타내는 척도이다. 30일간의 저장 기간 중 대조군과 코팅된 계란의 난황 계수 변화는 Table 2와 같다.

Table 2. Effect of sodium alginate coating on yolk index of eggs

Time (days)	5°C		25°C	
	Uncoated	0.5% sodium alginate coated	Uncoated	0.5% sodium alginate coated
0	$0.502 \pm 0.02^*$	0.502 ± 0.02	0.502 ± 0.02	0.502 ± 0.02
5	0.499 ± 0.03	0.500 ± 0.03	0.481 ± 0.01	0.482 ± 0.02
10	0.481 ± 0.02	0.499 ± 0.02	0.438 ± 0.02	0.467 ± 0.01
15	0.478 ± 0.01	0.486 ± 0.02	0.361 ± 0.03	0.444 ± 0.02
20	0.473 ± 0.03	0.487 ± 0.01	0.319 ± 0.01	0.361 ± 0.01
25	0.460 ± 0.01	0.475 ± 0.01	0.272 ± 0.01	0.342 ± 0.03
30	0.390 ± 0.02	0.424 ± 0.01	0.239 ± 0.03	0.268 ± 0.02

* Mean ± Standard deviation(n=10).

대조군의 난황 계수는 수치가 시간에 따라 크게 감소하는데, 25℃에서 그 감소율이 5℃에서 보다 훨씬 크게 증가하였다. 0.5% Sodium alginate 용액으로 계란을 코팅한 후 각각 5℃와 25℃에 저장하면서 난황 계수를 조사한 결과, 저장 30일째 5℃에서 저장 시에는 코팅하지 않은 계란은 0.390, 0.5% 코팅한 계란은 0.424로 나타났으며, 25℃ 저장 시에는 코팅하지 않은 계란은 0.239, 0.5% 코팅한 계란은 0.268로 나타났다. 일반적으로 코팅된 계란의 난황 계수가 대조군보다 높았지만, 시간에 따른 난황 계수의 감소율은 비슷하였다. 5℃ 저장에서는 코팅 여부에 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타난 반면 25℃ 저장에서는 코팅 처리를 하지 않을 경우, 저장 기간이 지남에 따라 난황 계수는 크게 감소함을 알 수 있었다. 이러한 결과는 sodium alginate를 이용한 계란의 코팅과 낮은 저장 온도가 난황 계수의 변화를 감소시키는데 중요한 역할을 한 것으로 사료된다.

4. 저장 중 Haugh Unit의 변화

Albumin 품질의 측정으로 사용하는 Haugh unit를 30일 동안 계란을 저장하면서 5일 간격으로 측정한 결과는 Table 3과 같다. 일반적으로 계란의 품질을 평가할 때 사용하는 수치인 Haugh unit은 높은 값일수록 계란의 좋은 품질을 나타낸다. 코팅하지 않은 계란의 Haugh unit는 5℃와 25℃에서 코팅한 계란보다 낮은 수치를 나타내었다. Haugh unit는 시간이 경과함에 따라 감소하였고, 특히 25℃에서 감소되는 비율이 크게 증가하였다. 5% Sodium alginate 용액으로 코팅한 계란은 5℃에서 보관한 경우 78.74에서 30일 후 70.37로 수치가 감소하였고, 이 수치는 코팅하지 않은 계란을 15일 저장하였을 때 얻어진 Haugh unit가 비슷하였다.

25℃ 저장 중에서 Haugh unit의 변화는 저장 기간이 경과함에 따라 Haugh unit는 급격히 감소하였고, 저장 30일째 25

℃에서 코팅하지 않은 계란은 30.51, 0.5% sodium alginate로 코팅한 계란은 45.81이었다. 0.5% sodium alginate 코팅 처리군의 경우, 코팅하지 않은 계란에 비해 Haugh unit는 높게 나타났다. 저장 기간 동안 sodium alginate 코팅에 의한 계란의 품질 보존 효과는 뚜렷하였으며, 5℃, 25℃ 저장시 공히 sodium alginate 용액의 코팅 처리 효과를 확인할 수 있었다. 0.5% Sodium alginate 처리에 의한 계란의 품질보존 효과는 난황 계수와 Haugh unit의 결과가 일치하였다.

요 약

계란의 저장성 증진 효과를 검토하기 위해 계란 표면을 sodium alginate 용액으로 코팅하여 5℃, 25℃에서 저장하면서 저장성 실험 및 코팅 처리된 계란 표면의 미생물 억제 효과 시험을 하였다. 살모넬라균과 같이 음식물의 섭취를 통해서만 감염되는 식중독의 원인 균의 증식 억제 효과 시험에서 5℃에서 저장했을 때 대조군에 비해 0.5% sodium alginate 처리군이 뛰어난 세균 증식 억제 효과를 보였다. 계란의 pH는 저장 기간에 CO₂를 방출하거나 저장 온도가 증가함에 따라 증가하였다. 코팅된 계란의 pH가 대조군의 pH보다 낮게 나타났다. 5℃의 저장 온도에서 대조군의 pH가 7.72에서 7.94의 변화를 보였으며, 0.5%의 sodium alginate 용액으로 코팅한 계란에서는 7.72에서 7.85의 pH 변화가 나타났다. 5℃와 25℃에 30일간 저장하면서 난황의 신선도를 나타내는 난황 계수와 계란의 품질을 평가하는 종합적인 수치인 Haugh unit를 측정하였다. Haugh unit는 30일간 저장하였을 경우 대조군인 경우 66.02, 0.5% sodium alginate로 코팅한 경우는 70.37로 얻어졌다. 난황 계수는 0.5% 농도의 시료로 코팅한 계란에서 대조군의 0.39보다 높은 0.42로 나타났다. 이런 연구 결과를 통해서 sodium alginate의 코팅 형성 능력이 계란의 표면에 유

Table 3. Effect of sodium alginate coating on Haugh unit of eggs

Time (days)	5℃		25℃	
	Uncoated	0.5% sodium alginate coated	Uncoated	0.5% sodium alginate coated
0	75.74±4.967*	78.74±4.967	75.74±4.967	75.74±4.967
5	72.73±4.819	74.37±8.762	65.65±1.914	71.81±7.873
10	72.06±9.413	74.33±2.683	49.81±2.868	67.21±5.514
15	70.80±2.396	72.57±8.295	43.79±8.673	64.83±8.421
20	69.25±4.630	71.95±4.203	37.52±13.88	60.67±6.722
25	68.22±6.288	70.86±2.300	36.72±8.388	53.74±7.269
30	66.02±8.024	70.37±8.509	30.51±10.09	45.81±5.910

* Mean±Standard deviation, n=10.

해 세균을 억제하고 저장성을 증진시킬 수 있다는 결과를 얻었다.

문헌

- Alleoni ACC, Antunes AJ (2004) Internal quality of eggs coated with whey protein concentrate. *Sci Agric (Piracicaba, Braz.)* 61: 276-280.
- Bhale S, No HK, Prinyawiwatkul W, Farr AJ, Nadarajah K, Meyers SP (2003) Chitosan coating improves shelf life of eggs. *J Food Sci* 68: 2378-2383.
- Caner C (2005) Whey protein isolate coating and concentration effects on egg shelf life. *J Sci Food Agric* 85: 2143-2148.
- Caner C, Cansiz O (2007) Effectiveness of chitosan-based coating in improving shelf-life of eggs. *J Sci Food Agric* 87: 227-232.
- Funk EM (1948) The relation of yolk index determined in natural position to the yolk index as determined after separating the yolk from the albumin. *Poult Sci* 27: 367.
- Gast RK, Holt PS, Murase T (2005) Penetration of *Salmonella enteritidis* and *Salmonella heidelberg* into egg yolks in an *in vitro* contamination model. *Poult Sci* 84: 621-625.
- Grant GT, Morris ER, Rees DA, Smith PJC, Them D (1973) Biological interactions between polysaccharides and divalent cations: The egg-box model. *FEBS Lett* 32: 195-198.
- Haug A, Lasen B (1962) Quantitative determination of uronic acid composition of alginates. *Acta Chem Scand* 16: 1908-1918.
- Haugh RR (1937) The Haugh unit for measuring egg quality. *US Poult Mag* 43: 552-573.
- Kester JJ, Fennema OR (1986) Edible films and coatings: A review. *Food Tech* 40: 47-59.
- No HK, Prinyawiwatkul W, Meyers S (2005) Comparison of shelf life of eggs coated with chitosans prepared under various deproteinization and demineralization times. *J Food Sci* 70: 377-382.
- Stadelman WJ, Ziegler F, Darroch JG (1954) The effect of egg temperature on its broken-out albumen quality evaluation. *Poult Sci* 33: 1082-1083.
- Walsh TJ, Rizk RE, Brake J (1995) Effects of temperature and carbon dioxide on albumen characteristics, weight loss and early embryonic mortality long stored hatching eggs. *Poult Sci* 74: 1403-1410.
- Wesley RL, Stadelman WJ (1959) Measurement of interior egg quality. *Poult Sci* 38: 474-481.
- Xie L, Hettiarachchy NS, Ju ZY, Meullenet J, Wang H, Slavik MF, Janes ME (2002) Edible film coating to minimize eggshell breakage and reduce post-wash bacterial contamination measured by dye penetration in eggs. *J Food Sci* 67: 280-284.
- You BJ, Shim JM, Chang MH (1999) Effects of extracting conditions on film properties of seaangle alginate. *J Korean Fish Soc* 32: 664-668.

(2007년 7월 4일 접수, 2007년 12월 10일 채택)