

계란의 난각 두께에 대한 연구(Ⅲ)

| 연재순서 | |
|------|-------------------------------------|
| 1 | 서론 |
| 2 | 파란의 발생 현황 |
| 3 | 난각의 구조 |
| 4 | 난각의 질에 영향을 미치는 요인 |
| 5 | 국내의 기술 연구동향 |
| 6 | 실험설계의 이론적 배경 |
| 7 | Air Suspension Coating에 의한 석회석의 캡슐화 |
| 8 | 실험재료 및 방법 |
| 9 | 연구결과 |



윤 칠 석
한국식품개발 연구원
농 학 박 사

9. 연구결과

1) 난각의 표면 및 단면 관찰

난각의 상태를 관찰하려면 직접 두께를 재는 것이 가장 확실하다. 그러나 사진(그림3)에서 보듯이 전기불에 계란을 비추어 보아도 알 수 있다.

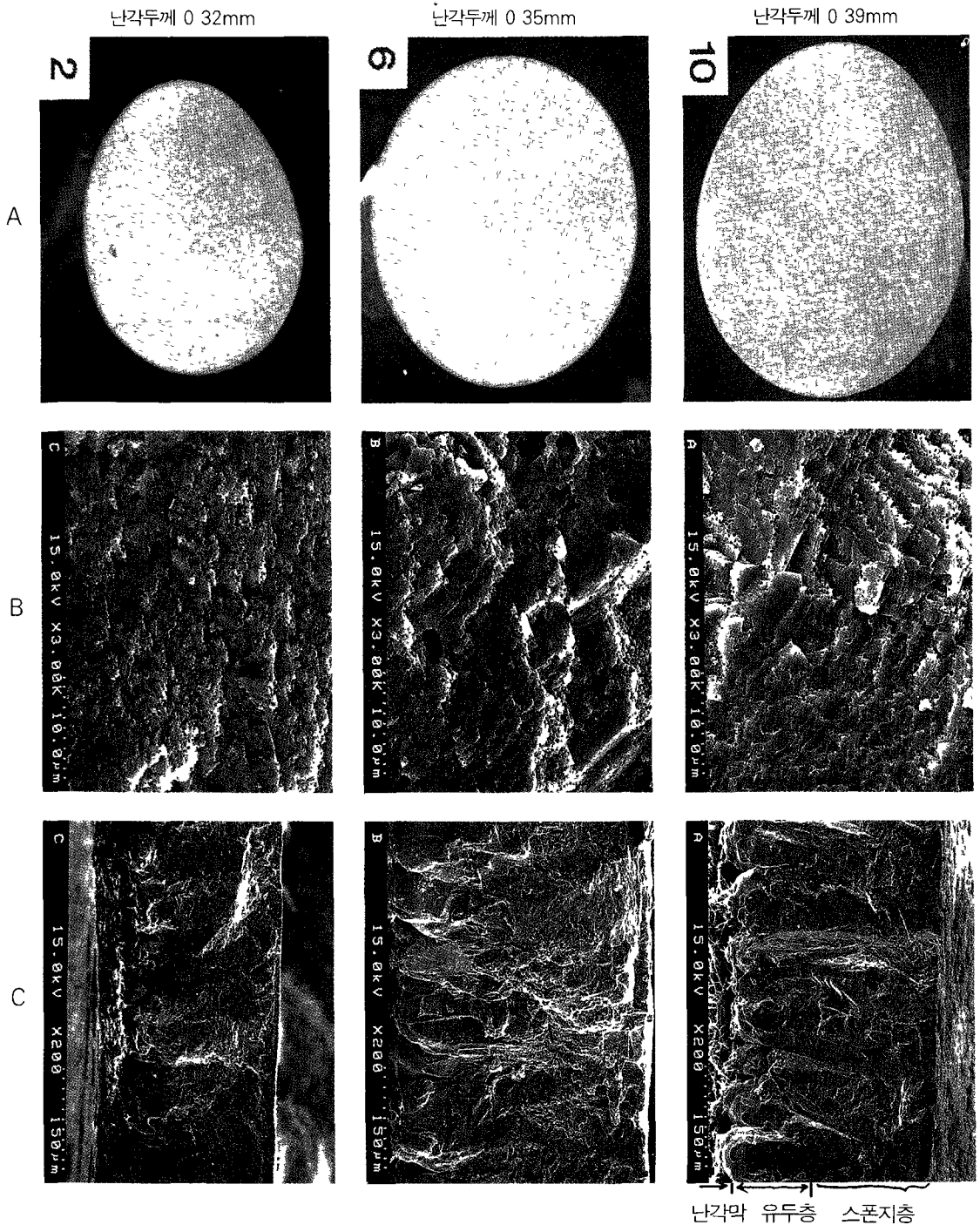
즉 계란을 불빛에 비추어 보면 확실히 차이가 나는데 난각두께가 0.39mm, 0.35mm 및 0.32mm인 계란을 비교하였으며, 이때의 계란 난각을 전자 현미경에서 관찰하면 그 차이를 확실히 알 수 있다. 두께가 0.32mm인 계란 난각은 난각 단면층의 두께도 얇고, 스폰지층(palisade) 및 유두층(mammillary layer)의 형성이 엉성하며 치밀하지 못함을 관찰할 수가 있으며 스폰지층(palisade layer)에 분포된 주머니 모양(vesicles)의 수도 0.39mm 난각보다 0.32mm 난각에서 훨씬 많은 것을 알 수 있다.

그리고 두께가 0.39mm 쪽으로 갈수록 스폰지층의 길이가 길고 치밀하게 성장한 것을 볼 수 있다.

2) 실험결과

석회석 입자를 CAP(=Cellulose Acetate Phthalate), EC(=Ehtylcellulose), Shellac, HPMCP(=Hydroxyprophl Methylcellulose phthalate) 및 Shellac + EC으로 캡슐화하였을 때의 결과(표2)를 비교하였다. 코팅물질(Coating material) 간에서 보면 대체로 CAP, EC, HPMCP사용시 다소간 향상되는 경향을 나타내었고 난중은 CAP, EC 처리시 유의하게 향상되었다.

그리고 난중은 CAP 및 EC, Shellac에서 향상되었고 난각강도는 HPMCP구처리시 향상되었고, 0.395mm 이상의 난각을 가진 생산비율도 HPMCP구에서 40%로 유의한 증가현상을 나타내었다.



〈그림3〉 난각두께별 계란 외부 전자현미경에 의한 난각의 구조

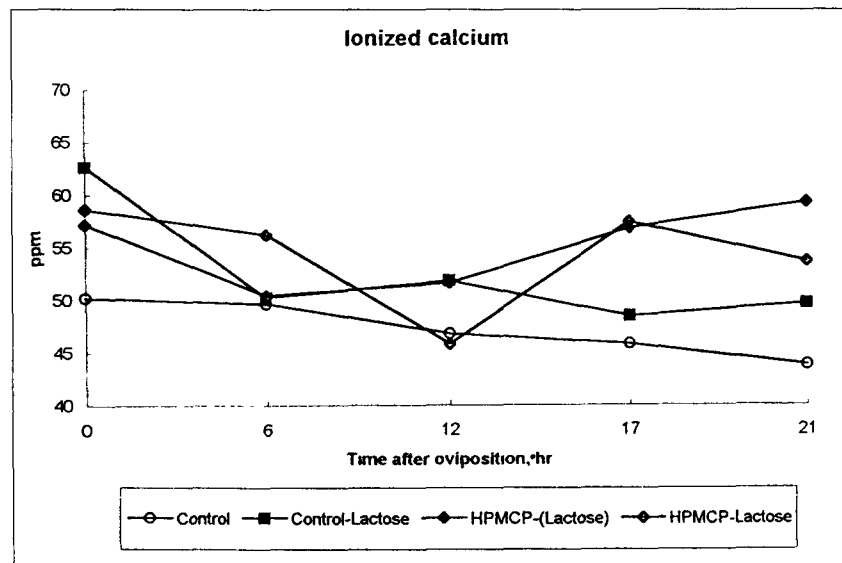
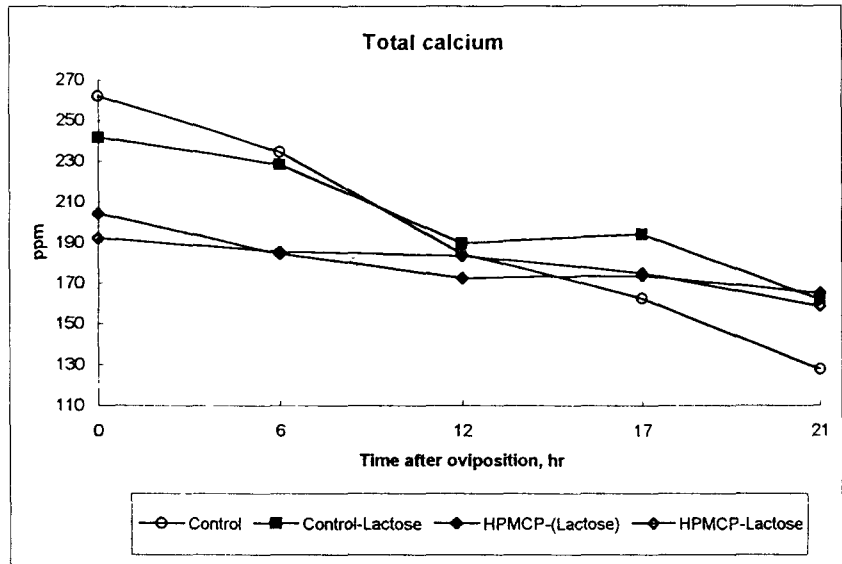
*A 외부표면, B palisade layer의 vesicle(3000배), C 난각단면 구조(200배)

따라서 석회석을 HP-MCP, CAP, EC등으로 피복하였을 때 0.395 mm 이상의 난각을 가진 계란 생산비율에서는 뚜렷한 효과가 관찰되었으나, 다른 항목에서는 기대한 만큼의 차이를 얻을 수 없었다.

다음은 HPMCP와 CAP의 처리효과를 비교하였는데 결과는 표 3에 제시하였다. 결과를 보면 HPMCP처리구에서 난중, 난각비율(%), SWUSA, 난각강도, 난각두께, 난각강도 지표(난각강도/난각두께) 및 0.395mm 이상의 난각을 가진 계란 생산비율 등 거의 모든 항목에서 HPMCP처리구에서 유의하게 향상된 결과를 나타내었다. 특히 난각강도 및 0.395mm 이상의 계란 생산율이 향상되었다.

다음은 칼슘의 흡수를 강화할 수 있는 lactose 소량 첨가시의 효과를 분석하였다(표4). Lactose를 HPMCP로 코팅하여 급여시에는 난각강도, 난각강도 지표 및 0.395mm 이상의 난각두께를 가진 계란의 생산비율에서 다소간 향

상되었고, Lactose를 그대로 첨가하는 난중, 난각무게, 난각비율(%), SWUSA, 난각두께 및 계란 충돌에 의한 난각강도 비율에서 더 향상되었으나, Lactose 급여시 코팅을 시키거나 시키지 않았을 때 그 차이에 의한 효과의 유의성은



(그림4) 산란후 혈액(혈장)내 총 칼슘 및 이온화된 칼슘 함량의 시간별 변화
* Control=A, Control-lactose=B, HPMCP-(lactose)=E, HPMCP-lactose=F

표2 난각질에 대한 피복된 석회석의 대체효과

| 항 목 | 석회석 일 자 | 피복된 석회석 입자 | | | | | SEM |
|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|--------------------|---------------------|--------------------|-------|
| | | CAP | EC | Shellac | HPMCP | Shellac + EC | |
| 난중(g) | 63.5 ^k | 65.17 ^a | 64.27 ^b | 62.27 ^c | 63.52 ^{jk} | 63.72 ^b | 0.97 |
| 난각무게(g) | 5.72 ^k | 5.91 ^d | 5.84 ^{ab} | 5.66 ^c | 5.78 ^{ab} | 5.76 ^{bc} | 0.15 |
| 난각비율(%) | 8.94 | 9.09 | 9.10 | 9.09 | 9.15 | 9.06 | 0.21 |
| SWUSA | 77.50 | 78.18 | 77.73 | 77.04 | 78.24 | 77.13 | 1.60 |
| 비 중 | 1.085 | 1.085 | 1.085 | 1.085 | 1.086 | 1.085 | 0.002 |
| 난각강도 (kg) | 2.799 | 2.789 | 2.781 | 2.791 | 2.845 | 2.788 | 0.135 |
| 난각두께 (mm) | 0.372 | 0.378 | 0.378 | 0.368 | 0.376 | 0.370 | 0.010 |
| 난각강도 지표 | 7.234 | 7.233 | 7.120 | 7.309 | 7.401 | 7.394 | 0.420 |
| 칼슘(%) | 34.20 | 34.37 | 34.65 | 34.67 | 34.52 | 34.45 | 2.75 |
| ≥0.395mm 두께(%) | 24.71 ^B | 30.88 ^{AB} | 30.95 ^{AB} | 22.98 ^B | 39.55 ^{AB} | 27.48 ^B | 13.02 |

* A, B P<0.05, a, b, c P<0.1

없었다. 그리고 인위적으로 계란 충돌시 깨어진 계란의 비율을 보면 일반사료에서는 54%가 깨어졌고 가장 향상된 처리구에서는 41%로 큰 차이가 있었다 그림4에서는 산란계의 혈액내 총 칼슘 및 이온화 칼슘의 시간당 변화를 비교하였다

대조구에서는 혈액내 총 칼슘 농도는 초기에 가장 높았으나 그후 급격히 감소되는 경향을 보였고 처리구에서는 초기 칼슘농도는 낮았으나 전기간에 걸쳐 초기농도를 유지하는 경향을 보였다. 또한 처리구에서의 이온화 칼슘 농도는 전시간에 걸쳐 처리구에서 상당히 높은 경향을 나타내어 표 4의 실제 난각질 결과를 뒷바침함을 알 수 있었다

다음은 아연, 비타민 D₃ 및 여러 가지 첨가제 보강후 HPMCP 코팅된 석회석을 급여했을 때

의 난각질에 미치는 효과를 표5에 나타내었다.

대조구와 아연+비타민 D₃ 처리를 비교해 보면 산란율 및 난각질 측정 항목의 거의 모든 조사항목에서 향상된 결과를 나타내었고, 특히 난각무게, 난각비율(%), SWUSA, 난각두께가 0.395mm 혹은 0.390mm 이상을 가진 계란의 생산 비율 등에서는 유의한 향상을 나타내었다. 그리고 HPMCP 처리한 그룹중에서는 Histidine을 첨가한 그룹에서도 난각질이 많이 향상되었다. 즉 산란율에서는 67%로써 대조구의 60%보다 약 7%이상 향상되었고 계란 무게 역시 3% 정도 향상되었다

표3 난각질에 대한 HPMCP 및 CAP가 피복된 석회석의 대체효과

| 항 목 | 대조구 | HPMCP | CAP | SEM |
|---------------------|--------------------|--------------------|---------------------|-------|
| 난중(g) | 66.14 | 66.59 | 66.67 | 0.92 |
| 난각무게(g) | 5.81 ^{AB} | 5.87 ^A | 5.76 ^B | 0.11 |
| 난각비율(%) | 8.80 ^a | 8.84 ^a | 8.67 ^b | 0.12 |
| SWUSA | 75.90 ^a | 76.36 ^a | 74.93 ^b | 1.06 |
| 비 중 | 1.085 | 1.086 | 1.084 | 0.003 |
| 난각강도(kg) | 2.653 ^B | 2.843 ^A | 2.729 ^{ab} | 0.180 |
| 난각두께(mm) | 0.376 ^b | 0.381 ^a | 0.373 ^b | 0.006 |
| 난각강도지표 | 6.998 ^B | 7.394 ^A | 7.255 ^{AB} | 0.405 |
| 충돌시 파편율(%) | 49.56 ^d | 44.46 ^b | 53.85 ^a | 5.71 |
| ≥0.395mm 난각두께(%) | 26.77 ^b | 38.08 ^a | 28.54 ^b | 6.25 |

* A, B P<0.05, a, b, c P<0.1

난중에서는 HPMCP 처리구중 아연+비타민 D₃, 히스티딘(Histidine) 및 비타민 C 처리구에서 6.03~6.06g으로 가장 우수하였고, 난각비율(%)과 SWUSA에서는 HPMCP 처리구의 아연+비타민 D₃, 히스티딘 처리구에서 가장 우수하였다.

표4. 난각질에 대한 HPMCP로 피복된 석회석과 lactose의 급여과

| 항 목 | Lactose-HPMCP | | | | | SEM |
|----------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|--------------------|-------|
| | AA | A | B | E | F | |
| 난중(g) | 65.30 ^B | 64.99 ^B | 65.80 ^{AB} | 65.59 ^{AB} | 66.70 ^A | 1.43 |
| 난각무게(g) | 5.73 ^B | 5.77 ^{AB} | 5.82 ^{AB} | 5.81 ^{AB} | 5.93 ^A | 0.19 |
| 난각비율(%) | 8.79 | 8.88 | 8.89 | 8.88 | 8.93 | 0.25 |
| SWUSA | 75.47 | 76.18 | 76.48 | 76.37 | 77.15 | 2.14 |
| 비 중 | 1.085 | 1.086 | 1.086 | 1.087 | 1.086 | 0.003 |
| 난각강도(kg) | 2.164 ^b | 2.843 ^a | 2.780 ^a | 2.963 ^a | 2.846 ^a | 0.229 |
| 난각두께(mm) | 0.368 ^c | 0.377 ^b | 0.379 ^{ab} | 0.382 ^{ab} | 0.387 ^a | 0.010 |
| 난각강도지표 | 5.873 ^b | 7.483 ^a | 7.241 ^a | 7.648 ^a | 7.373 ^a | 0.500 |
| 총돌시 파란율(%) | 53.50 ^a | 52.00 ^{ab} | 47.83 ^{bc} | 44.14 ^{bc} | 41.00 ^c | 8.99 |
| ≥0.395mm- 난각두께(%) | 22.35 ^b | 30.36 ^b | 28.32 ^b | 41.76 ^b | 40.53 ^a | 12.81 |

* A, B, C P<05, a, b, c P<01

* AA, 일반사료

A, 대조구

B, 대조구-Lactose

E, HPMCP-(무기물 mixture+석회석+Lactose)

F, HPMCP-(무기물 mixture+석회석)+Lactose

그리고 난각의 질 측정시 중요 요소인 난각 강도와 난각두께를 보면 HPMCP 처리구중 히 스티딘 첨가시 각각 3.044kg 및 0.393mm으로 우수한 성적을 나타내었으며, 전체 처리구에서 구연산(citric acid) 첨가시 가장 불량한 결과를 보였다.

3. 맺는말

이상에서 살펴본 일련의 연구결과를 종합하여 본다면 실험의 여러 가지 처리군을 조합하며 현재보다 난각의 두께를 훨씬 더 두껍게 만들 수 있을 것으로 보여진다.

표5. 난각질에 대한 HPMCP로 피복된 석회석과 여러 가지 성분 첨가시 급여효과

| 항 목 | 석회석 | HPMCP 석회석 | | | | Lactose | SEM |
|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|-------|
| | 대조구 | Zn+ Vit D ₃ | Histidine | Citric acid | Vit C | | |
| 산란율(%) | 59.79 ^{ab} | 59.79 ^{ab} | 66.67 ^a | 60.21 ^{ab} | 53.75 ^b | 64.79 ^a | 2.99 |
| 난중(g) | 63.53 ^c | 65.83 ^{bc} | 65.38 ^c | 66.34 ^{ab} | 67.14 ^a | 65.12 ^{bc} | 0.30 |
| 난각무게(g) | 5.75 ^c | 6.05 ^a | 6.03 ^{ab} | 5.96 ^{ab} | 6.06 ^a | 5.90 ^b | 0.04 |
| 난각비율 (%) | 9.05 ^{bc} | 9.22 ^{ab} | 9.23 ^{ab} | 9.04 ^{bc} | 9.01 ^c | 9.03 ^{bc} | 0.06 |
| SWUSA | 77.18 ^b | 79.37 ^a | 79.28 ^a | 77.93 ^{bc} | 78.08 ^b | 77.63 ^b | 0.53 |
| 비 중 | 1.088 | 1.088 | 1.090 | 1.088 | 1.088 | 1.088 | 0.001 |
| 난각강도 (kg) | 2.833 ^{bc} | 3.013 ^{ab} | 3.044 ^a | 2.860 ^c | 2.909 ^{bc} | 2.901 ^{bc} | 0.041 |
| 난각두께 (mm) | 0.386 ^{bc} | 0.385 ^c | 0.383 ^c | 0.383 ^c | 0.391 ^{ab} | 0.390 ^{ab} | 0.001 |
| 난각강도 지표 | 7.458 | 7.591 | 7.697 | 7.453 | 7.375 | 7.389 | 0.091 |
| 총돌시 파란율(%) | 43.50 ^a | 40.50 ^{ab} | 39.50 ^{ab} | 36.00 ^{bc} | 43.00 ^{ab} | 40.00 ^{ab} | 2.35 |
| 난각두께≥ 0.395mm(%) | 38.38 ^{bc} | 51.41 ^{ab} | 51.47 ^{ab} | 34.52 ^d | 40.76 ^{bc} | 45.98 ^{bc} | 3.17 |
| 난각두께≥ 0.395mm(%) | 41.51 ^c | 60.10 ^{ab} | 56.12 ^{bc} | 43.46 ^d | 45.93 ^{bc} | 52.08 ^{bc} | 3.18 |

* SWUSA=표면적당 난각무게(mg)

specific strength=난각강도/난각두께

* A, B, C=P<05, a, b, c,d P<001

특히 본 연구에서는 난각두께가 0.390mm이상 가진 계란의 생산 비율을 계산하였을 때 최고 60%로 나타났다 따라서 0.38~0.385mm의 난각두께까지 계산한다면 생산되는 계란의 90~95%까지 난각이 두꺼운 계란을 생산할 수가 있었으며, 실제로 계란 생산시 및 유통시 파란율을 크게 줄일 수 있을 것으로 기대되었다

그리고 현재 본 연구 결과를 실용화하기 위한 후속 실험 및 연구를 추진중에 있으며, 본 연구는 농림기술관리 센터(ARPC)에서 주관하는 '94년도 현장애로기술개발사업의 연구비 지원으로 수행되었다. **양계**