

Expanding 사료 가공 기술이 산란계의 계란 품질 및 영양소 소화율에 미치는 효과

유종상¹ · 채수진¹ · 박송이¹ · 장해동¹ · 석호봉¹ · 김인호^{1,†} · 김용철²

¹단국대학교 동물자원학과, ²(주)현대사료

Effects of Expanding Feed Processing Technologies on Egg Characteristic and Nutrient Digestibility in Laying Hens

J. S. Yoo¹, S. J. Chae¹, S. E. Park¹, H. D. Jang¹, H. B. Seok¹, I. H. Kim^{1,†} and Y. C. Kim²

¹Department of Animal Resource & Science, Dankook University, ²Hyundai Feed Co. Ltd.

ABSTRACT This study was conducted to investigate the effects of expanding feed processing technologies on the egg characteristics and nutrient digestibility in laying hens. A total of two hundred seventy laying hens were randomly allocated into three treatments with fifteen replications for six weeks. Dietary treatments include 1) MS(mash), 2) EC(expanded crumble) and 3) EP(expanded pellet).

In the egg production, the EC and EP treatments were significantly higher than MS treatment($p < 0.05$). However, no significant difference was founded in egg weight($p > 0.05$). Egg shell breaking was increased in EC and EP treatments compared with MS treatment($p < 0.05$), however, egg shall thickness showed no significant difference($p > 0.05$). Egg production and egg shell breaking were significantly higher in EC and EP treatments than MS treatment($p < 0.05$), but egg weight and egg shell thickness were no significantly difference among treatment($p < 0.05$).

Yolk color was increased in EC treatment compared with other treatments($p < 0.05$). Also, yolk index was significantly improved in EC and EP treatments compared with MS treatment($p < 0.05$). Haugh unit was increased in EC treatment compared with MS treatment($p < 0.05$). EC treatment had improved DM, Ca and P digestibility. In conclusion, Expanded crumble and pellet processing could improve the egg characteristic and nutrient digestibility in laying hens.

(Key words: feed processing technologies, laying hen, egg characteristics, nutrient digestibility)

서 론

사료 원료 중 에너지 공급원으로 사용되고 있는 곡류들은 국내 부존 자원의 부족으로 원료의 대부분을 수입에 의존하고 있다. 특히 사료비는 총 생산비의 65~75% 정도로 높은 비중을 차지하고 있다. 이러한 사료 비용을 최소화 하려면 원료의 가공 효과를 향상시켜 영양소 이용율을 증대하여 생산성 개선이 필요하다.

일반적으로 사료 원료의 영양적 가치를 높이기 위한 가공 방법 중에는 분쇄하여 입자를 조정해 주는 1차적인 가공 방법과 열이나 압력을 가하는 2차적인 가공 방법이 있다. 2차적인 방법은 열이나 압력을 가하여 곡물 원료에 포함되어 있는 전분을 호화(gelatinization)시켜 소화율 및 사료 효율 향

상, 성장 저해 요소의 파괴, 원료 및 사료 취급 용이, 기호성 증진 등(오상집, 1993)의 장점을 가지고 있다.

이러한 2차 가공 중 expanding 가공 기술은 기존 원료의 질을 향상시키고 다양한 원료를 이용하여 사료 배합이 가능할 수 있게 하였으며, 단시간 동안 높은 온도와 압력에 의해 이루어지 때문에 사료의 생산성을 향상시킬 수 있다(Pipa and Frank, 1989). 이러한 이유로 expanding 가공 기술은 기존 사료의 품질 개선과 저급 원료의 이용성 향상을 위하여 도입되었다(Wettstein and Wild, 1990). Expanding 가공 기술은 전분의 호화도를 증가시키며(Peisker, 1994) 유해한 독소, 살모넬라, 병원성 미생물, 곰팡이 등의 사멸 효과를 기대할 수 있다(Okelo et al., 2006).

이전에 여러 단위 가축에서 사료가공과 관련된 많은 연구

[†] To whom correspondence should be addressed : inhokim@dankook.ac.kr

들이 진행되어왔지만(Armstrong et al., 1993; Chae et al., 1997; 김완태, 2005) 본 시험에서는 각각 다른 사료 가공 기술로 제조한 사료 급여가 산란계의 생산성에 미치는 영향에 대하여 알아보려고 실시하였다.

재료 및 방법

1. 시험 동물 및 시험 설계

본 시험은 49주령 HY-line Brown 270수를 공시하였고, 6주간 사양 시험을 실시하였다. 시험 설계는 1) MS, 2) EC(expanded crumble), 3) EP(expanded pellet)으로 3처리구로 구성하였고 처리당 15반복, 반복당 6수씩 완전 임의 배치하여 시험을 실시하였다.

2. 시험 사료 및 사양 관리

본 시험에 이용한 시험 사료는 옥수수-대두박을 위주의 사료로써 ME 2,904 kcal/kg, CP 15.45%, Lysine 0.70%, Ca 3.23%, P 0.61%가 되도록 제조하였다(Table 1). Expanding 가공 공정에서 expander는 Amandus Kahl(Model OE 30.2)이었으며 preconditioner의 온도는 80℃이었고, expander의 온도는 115℃이었다. Expanded pellet 사료를 제조하기 위하여 expander 사출구에 pellet die을 설치하였고, expanded crumble 사료를 제조하기 위하여 expander에서 나온 사료를 바로 crumble하여 스크린으로 걸러 일정 크기로 나온 것은 시험 사료로 사용하였다.

사료와 물은 전체 시험 기간 자유로이 먹을 수 있도록 하였다. 시험 기간 점등 시간은 일일 17시간으로 조절하였다.

3. 조사 항목

1) 산란율 및 난중

산란율은 사양 시험 기간 중 매일 집란하여 처리구별로 총 산란수를 사육수로 나누어 백분율을 표시하였으며, 난중은 매주 집란한 계란을 전자 저울을 이용하여 측정하였다.

2) 난각 강도 및 난각 두께

난각 강도는 난각 강도계(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하였으며, 난각 두께는 Dial pipe gauge(1-63-11, Ozaki MFG. Co., Ltd., Japan)를 이용하여 난각의 예단부, 중앙부 및 둔단부를 측정하였다.

Table 1. Diet composition

Ingredients	%
Corn	50.36
Soybean meal(CP 46%)	18.70
Wheat grain	10.00
Limestone	7.50
Wheat bran	5.00
Animal fat	4.44
Corn gluten meal	2.00
Tricalcium phosphate	1.40
Salt	0.30
DL-methionine	0.10
Mineral premix ¹	0.10
Vitamin premix ²	0.10
Chemical composition ³	
ME(kcal/kg)	2,904
Crude protein(%)	15.45
Lysine(%)	0.70
Methionine(%)	0.32
Calcium(%)	3.23
Phosphorus(%)	0.61
Available P(%)	0.35

¹ Provided per kg of premix: 25,000 mg Cu, 40,000 mg Fe, 60,000 mg Zn, 80,000 mg Mn, 1,500 mg I, 300 mg Co and 150 mg Se.

² Provided per kg of premix: 12,500,000 IU vitamin A, 2,500,000 IU vitamin D₃, 10,000 mg vitamin E, 2,000 mg vitamin K₃, 50 mg biotin, 500 mg folic acid, 35,000 mg niacin, 10,000 mg Ca pantothenate, 1,000 mg vitamin B₆, 5,000 mg vitamin B₂, 1,000 mg vitamin B₁ and 15 mg vitamin B₁₂.

³ Calculated values.

3) 난황색, 난황계수 및 Haugh Unit

난황색은 Yolk color fan(Roche, Switzerland)을 이용하여 난황의 색도를 측정하였다. 난황 계수는 Ozaki사의 캘리퍼스로 난황의 높이와 직경을 측정하여 Sauter 등(1951)의 방법에 의하여 난황의 높이를 난황의 직경으로 나누어 계산하였다. Haugh unit는 $(HU = 100 \times \log(H - (1.701 \times W^{0.37}) + 7.57))$ 의 방법(Haugh, 1937)으로 난백고(H)와 난중(W)을 공식에 대입하여 구하였다.

4) 영양소 소화율

영양소 소화율을 측정하기 위하여 시험 종료 7일전에 표 시물로서 산화크롬 (Cr₂O₃)을 사료내 0.2% 첨가하여 급여 4 일 후 배설된 분을 채취한 후 60℃의 열풍 건조기에서 72시 간 건조시킨 후 Willey mill로 분쇄하여 분석에 이용하였다.

또한 일반적으로 산란율과 계란의 특성에 많이 영향을 주 는 DM, N, Ca, P의 영양소 소화율을 측정하였다.

5) 화학 분석 및 통계 처리

시험 사료 및 분의 일반 성분 분석과 표시물로 혼합된 Cr 은 AOAC(1995)에 의해 분석하였다. 얻어진 모든 자료는 SAS (SAS Institute, 1996)의 GLM procedure를 이용 Duncan's multiple range test(Duncan, 1955)로 처리하여 평균간의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 산란율

Expanding 기술로 제조된 사료의 급여는 일반 사료를 급 여한 처리구와 0~2, 0~4주간의 산란율에서 차이가 없었다 (Table 2). 그러나 4~6주간의 산란율에 있어서 EP 처리구는 MS 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$). 본 시험과 유사하게 김원태(2005)는 옥수수외 expanding 가 공이 산란계의 산란율을 향상시킨다고 보고하였다.

2. 계란 품질

산란계에 있어 사료 가공에 따른 계란 품질에 미치는 영향

Table 2. Effect of feed processing technologies on egg pro- duction(%) in laying hens

Periods(Weeks)	MS ¹	EC ¹	EP ¹	SE ²
0~2	89.29	89.80	88.78	3.81
2~4	89.80	89.05	88.44	3.76
4~6	89.10 ^b	93.37 ^a	90.99 ^{ab}	2.45
Overall	89.40	90.74	89.42	1.64

¹ Abbreviated MS, mash diet; EC, expended crumble; EP, expen- ded pellet.

² Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ ($p < 0.05$).

은 Table 3에서 보는 바와 같다. 시험 종료시 난중은 처리구 간에 유의적인 차이를 보이지 않았으나($p > 0.05$), 변화량에 있어서 EC와 EP 처리구는 MS 처리구보다 유의적으로 높게 나타났다($p < 0.05$).

난각 강도의 시험 종료시와 변화량에 있어서 EC와 EP처 리구는 MS와 비교하여 유의적으로 높게 나타났고($p < 0.05$), 난각 두께에서는 종료시와 변화량에 있어 처리구간에 유 의적인 차이를 나타내지 않았다($p > 0.05$).

Haugh unit는 개시시와 종료시 처리구간에 유의적인 차이

Table 3. Effect of feed processing technologies on egg quality in laying hens

Traits	MS ¹	EC ¹	EP ¹	SE ²
Initial				
Egg weight(g)	64.13	64.47	64.34	0.64
Egg shell breaking(kg/cm ²)	4.23	4.08	4.04	0.82
Egg shell thickness(mm)	0.36	0.32	0.36	0.02
Haugh unit	78.50	79.64	76.45	2.21
Yolk color unit	6.42	6.61	6.73	1.25
Egg yolk index	0.46	0.46	0.45	0.06
Final				
Egg weight(g)	64.03	64.58	64.63	0.48
Egg shell breaking(kg/cm ²)	3.91 ^b	4.43 ^a	4.57 ^a	0.74
Egg shell thickness(mm)	0.36	0.35	0.36	0.02
Haugh unit	78.45	83.34	83.21	2.63
Yolk color unit	7.84 ^b	8.14 ^a	7.97 ^{ab}	1.39
Egg yolk index	0.46 ^b	0.51 ^a	0.50 ^a	0.02
Difference				
Egg weight(g)	-0.10 ^b	0.11 ^a	0.09 ^a	0.34
Egg shell breaking(kg/cm ²)	-0.31 ^b	0.35 ^a	0.53 ^a	1.16
Egg shell thickness(mm)	0.00	0.03	0.00	0.35
Haugh unit	-0.05 ^c	3.70 ^b	6.76 ^a	3.34
Yolk color unit	1.42	1.53	1.24	0.34
Egg yolk index	0.00 ^b	0.05 ^a	0.05 ^a	0.03

¹ Abbreviated MS, mash diet; EC, expended crumble; EP, expen- ded pellet.

² Pooled standard error.

^{ab} Means in the same row with difference superscripts differ ($p < 0.05$).

를 나타내지 않았으나($p>0.05$), 변화량에 있어서 EC을 급여한 처리구가 가장 높게 나타났($p<0.05$).

시험 종료시 난황색은 EP 처리구가 MS와 EP 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났으나($p<0.05$), 변화량에 있어서 처리구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). Heric 등(1971)의 보고에 따르면 난황색은 계란의 영양학적 가치에는 직접적으로 영향을 미치는 요소는 아니지만, 소화기 장애나 내부 기생충에 감염된 닭은 섭취량 감소 또는 흡수 저하가 발생하는 경우가 있으므로 계란의 착색 정도는 닭의 건강 상태와 관계가 있다고 하였다. 본 시험에서는 Expanding 가공을 한 처리구에서 난황색이 높은 경향을 나타내었다. 이는 사료 내 미량 존재하는 내부 기생충의 소멸 및 소화기 장애를 일으킬 수 있는 요인들을 줄여줌으로써 난황색에 영향을 미쳤을 것이라 사료된다. 또한 본 시험에 사료 원료 중 옥수수는 50% 이상 함유하고 있다. 일반적으로 옥수수는 난황색에 영향을 주는 산토피와 카로틴이 많이 함유하고 있다. Expanding 가공으로 인하여 옥수수의 아밀로펙틴이 호화되는 과정에서 산토피와 카로틴의 체내 이용율이 증가하여 난황색에 영향을 주었을 것이라 사료된다.

0~4주까지의 난황 계수는 처리간 차이($p>0.05$)가 없었으나, 시험 종료에서 EC와 EP 처리구는 MS보다 유의적 ($p<0.05$)으로 높았으며, 변화량에서도 EC와 EP 처리구가 MS보다 유의적으로 높게 나타났($p<0.05$).

3. 영양소 소화율

산란계에 있어 사료 가공에 따른 영양소 소화율에 미치는 영향은 Table 4에서 보는 바와 같다. 건물, 칼슘, 인 소화율에 있어서 EC와 EP 처리구는 MS 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났($p<0.05$). 본 시험의 질소 소화율은 MS 처리구가 EC와 EP 처리구와 비교하여 높은 경향을 나타내었으나 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). Jensen과 Becker(1965)에 의하면 전분의 경우 호화도가 증가하여 효소에 의한 소화 이용성이 향상되며 단백질의 경우 복합 구조의 파괴로 소화가 개선될 수 있다고 하였다. 그러나 본 시험의 경우 건물 소화율은 개선시켰으나 질소 소화율에 있어서 상이한 결과를 보여주었다. 그러나 Peisker(1994)에 의하면 단백질은 열에 민감하기 때문에 열에 의해 응고 현상이 일어나 용해성 저하, 손실, 변성을 일으켜 단백질 소화율의 저하를 유발할 수 있다고 하였다.

칼슘과 인은 난각질에 영향을 끼친다. 그래서 칼슘과 인의 영양소 소화율의 개선은 체내 이용성 증가로 인하여 난각 강도를 개선시켰을 것이라 사료된다.

결론적으로 EC과 EP 처리구와 같이 2차적인 사료 가공 방

Table 4. Effect of feed processing technologies on nutrient digestibility(%) in laying hens

Traits	MS ¹	EC ¹	EP ¹	SE ²
Dry matter	81.48 ^b	83.73 ^a	82.34 ^a	0.24
Nitrogen	69.04	67.72	67.42	1.97
Calcium	60.23 ^b	63.43 ^a	62.64 ^a	1.39
Phosphorous	59.28 ^b	60.31 ^a	60.28 ^a	0.06

¹ Abbreviated MS, mash diet; EC, expanded crumble; EP, expanded pellet.

² Pooled standard error.

^{a,b} Means in the same row with difference superscripts differ ($p<0.05$).

법은 산란계에 있어 계란의 품질과 영양소 소화율을 개선시켜주었다.

적 요

본 시험은 expanding 가공 기술이 산란계의 생산성, 계란 품질과 영양소 소화율에 대하여 알아보려고 실시하였다. 49주령 Hy-line Brown 270수를 공시하였고, 6주간 시험을 실시하였다. 1) MS(mash), 2) EC(expanded crumble) 및 3) EP(expanded pellet)으로 3처리구로 구성하였으며, 처리 당 15반복, 반복 당 6수씩 완전임의 배치하였다. 산란율은 EC와 EP 처리구가 MS 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났($p<0.05$). 그러나 난중은 처리구간에 유의적인 차이는 없었다($p>0.05$). 난각 강도는 EC와 EP 처리구가 MS 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타내었지만($p<0.05$), 난각 두께는 처리 구간에 유의적인 차이를 나타내지 않았다($p>0.05$). 난황색은 EC 처리구가 MS 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났($p<0.05$). 난황 계수는 EC와 EP 처리구가 MS 처리구와 비교하여 유의적으로 높게 나타났($p<0.05$). Haugh unit에 있어서 처리구간의 유의적인 차이는 없었으나($p>0.05$), 변화량에 있어서 EP 처리구가 가장 높게 나타났($p<0.05$). 영양소 소화율에 있어서 건물, 칼슘, 인 소화율에 있어서 EP 처리구가 소화율을 개선시켰다($p<0.05$). 본 연구 결과는 2차적인 사료 가공 기술이 산란계에서 계란 품질과 영양소 소화율을 개선하였다.

(색인어: 사료 가공 기술, 산란계, 계란 품질, 영양소 소화율)

사 사

본 연구는 2005년도 교육인적자원부 지방대학 혁신 역량 강화(NURI)사업의 지원으로 연구 되었으며 이에 감사드립니다.

인용문헌

- AOAC 1998 Official Method of Analysis of Official Analytical Chemists. 16th Ed Association of Official Analytical Chemists Washington DC USA.
- Armstrong H 1993 Nutritional implications of Expanded feed. *Feed Mix* 1:24-27.
- Chae BJ, Kang HI, Han IK, Kim JH, Cho WT, Chung YK, Shim YS 1997 Effect of processing of a complete diet on growth performance and nutrient digestibility in growing pigs. *Korean J Nutr and Feedstuffs* 21(6):497.
- Duncan DB 1955 Multiple range and multiple F tests. *Biometrics*.
- Haugh RR 1937 The Haugh unit for measuring egg quality. *US Egg Poultry Mag* 43:522-555.
- Herric GM 1971 Repletion and depletion of pigmentation in broiler skin and shanks. *Poultry Sci* 50:1467.
- Hongtrakul K, Kim IH, Goodband RD, Kim CS 1998 Comparison of extrusion and expanding processing(A Review). *한국영양사료학회지* 3(4):209-216.
- Jensen AH, Becker DE 1965 Effect of pelleting diet and dietary components on the performance of young pig. *J Anim Sci* 24:392-397.
- Okelo PO, Wagner DD, Carr LE, Wheatonc FW, Douglass LW, Joseph SW 2006 Optimization of extrusion conditions for elimination of mesophilic bacteria during thermal processing of animal feed mash. *Animal Feed Sci & Tech* Available online.
- Peisker M 1994 Influence of expansion on feed components. *Feed Mix* 2:26-31.
- Pipa F, Frank G 1989 High pressure conditioning with annular gap expander. *Advance in Feed Technology* 22-30.
- SAS 1996 SAS user's guide Release 6.12 ed. SAS Institute Inc Cary NC.
- Wettstein A, Wild R 1990 Developments in feed production technology. *Roche Symp on Animal Nutrition and Health* Basel p.89-108.
- 김완태 2005 사료가공 기술이 돼지 및 산란계의 생산성에 미치는 영향. 단국대학교 석사 논문.
- 오상집 채병조 이준엽 이영철 김명곤 김지훈 한인규 1997 가압고온 Conditioning을 이용한 pelleting 가공이 육성돈의 생산성에 미치는 영향. *한국축산학회지* 39(5):507-514.