



산란후기 사료 내 가수분해 효모의 첨가 급여가 생산성과 계란 품질에 미치는 영향

정재용¹ · 김관응² · 이형호³ · 양희창³ · 김은집⁴ · 안병기^{5*}

¹건국대학교 농축대학원 대학원생, ²농협사료 양계 R&D 박사, ³(주)대호 학술부 직원,
⁴연암대학교 축산계열 교수, ⁵건국대학교 동물자원연구센터 교수

Effects of Dietary Hydrolyzed Yeast on Egg Production and Egg Quality during Late Phase of Laying Hens

Jae Young Chung¹, Kwan Eung Kim², Hyung Ho Lee³, Hoi Chang Yang³,
 Eun Jib Kim⁴ and Byoung Ki An^{5*}

¹Graduate Student, Department of Animal Science, Graduate School of Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

²Doctor, Poultry R&D, Nonghyup Feed, Seoul 05398, Republic of Korea

³Staff, Academic Department, Daeho Co. Ltd., Seoul 06691, Republic of Korea

⁴Professor, Division of Animal Husbandry, Yonam College, Cheonan 31005, Republic of Korea

⁵Professor, Animal Resources Research Center, Konkuk University, Seoul 05029, Republic of Korea

ABSTRACT An experiment was conducted to investigate the effects of varying levels of hydrolyzed yeast on egg production and egg quality in aged laying randomly allotted to three dietary treatments such that egg production was similar in each treatment (6 replicates of 10 birds each). The layers were fed diets containing 0, 0.1, or 0.2% hydrolyzed yeast for eight weeks. No significant difference was observed in egg production during the first half of the experiment. Egg production and daily egg mass in groups fed diets containing hydrolyzed yeast were significantly higher ($P<0.05$) than those of the control groups during the second half of the experiment. Egg weight was not affected by the dietary treatment. Eggshell strength and thickness in groups fed diets containing hydrolyzed yeast were significantly higher than those of the control groups during the overall experimental period ($P<0.05$). Although no significant differences were observed in the Haugh units, yolk color in the group fed diets containing 0.1% hydrolyzed yeast was significantly higher than that in the control group ($P<0.05$). The mammary layer thickness increased in a linear manner and significantly following treatment with dietary hydrolyzed yeast ($P<0.05$). Antibody titer against avian influenza virus in the group fed diets containing 0.2% hydrolyzed yeast was significantly higher ($P<0.05$) than that in the control group. In conclusion, dietary hydrolyzed yeast improved egg production and eggshell quality of laying hens in the late stages of production.

(Key words: aged laying hens, antibody titer, egg production, eggshell quality, hydrolyzed yeast)

서 론

현재의 실용 산란계는 육종과 선발에 의해 생산성이 극대화된 대표적인 농용동물이며, 유전적인 생산 잠재력을 잘 발현시키기 위해서는 적합한 영양 및 사양관리가 뒷받침되어야 한다. 국내에서 가장 많이 사육되는 하이라인 갈색계의 표준 성적을 보면 27주령의 평균 산란율이 95~96%로서 산란피크의 성적이 향상되었고, 90% 이상을 유지하는 기간 역시 과거에 비하여 길어졌음을 알 수 있다(Hy-Line Brown

Management Guide, 2019). 하이라인 갈색계는 주령이 증가함에 따라 산란율이 감소되는데 43주령에는 평균 90% 수준으로, 70주령에는 평균 80%까지 저하된다. 따라서 산란계의 주령 증가에 따른 성적 저하를 다소 완화시킨다면 체란계 종사자들에게 경제적인 도움이 될 것이다.

실용 산란계의 주령 증가에 의한 부정적인 영향 중 다른 가지는 난각 상태의 저하이다. 난각 상태는 중요한 외관 품질 항목으로, 계란의 상품 가치를 좌우하는 요인이다. 난각질이 나빠지는 조건에서는 생산된 계란의 7% 정도가 계

* To whom correspondence should be addressed : abk7227@hanmail.net

사 내에서 파손되며, 집란 및 운반과정에서 생기는 난각의 손상을 포함하면 총 생산량의 약 10%가 파손된다고 하였다 (Austic and Nesheim, 1990). 하이라인 갈색계의 사양관리 자료(Hy-Line Brown Management Guide, 2019)를 참고하면 산란을 개시하는 초기 22주령에 생산된 계란과 비교해서 70주령에 생산된 계란의 난각강도는 약 11.2% 저하된다고 하였으며, 이는 주령이 증가함에 따라 칼슘의 흡수 능력이 감소함과 동시에 난중은 증가하는 것이 주된 요인이다(An et al., 2016).

난각질에 직접적으로 영향을 미치는 영양소로는 칼슘, 인, 필수 미량무기질과 비타민 D₃ 이다. 실제로 사료 내에 과·부족 되는 예는 거의 없으며, 영양적으로 난각질을 개선하는 노력은 큰 효과를 얻기 어려워 보인다. 이전부터 난 생산성 및 난각질 개선을 목적으로 생균제, 유기산제, 유기태 무기질, 천연물질 등 보조사료를 적용한 실험이 다수 수행되었지만, 뚜렷하고 일관성 있게 개선되는 것으로 보이지 않는다.

효모 제품 역시 오랜 기간 시험되었던 보조사료인데, 실용 산란계에서 효모 가수분해물과 효모 세포벽 물질을 적용한 연구에서 난 생산성과 사료 효율이 개선되었으며(Yalcin et al., 2010; Hashim et al., 2013), 난백 높기와 호우유니트가 향상되었다고 보고되었다(Li et al., 2016). Zhang et al.(2020) 역시 산란후기의 공시계에서 효모 배양물의 급여가 산란율과 난중 개선에 효과적이었다고 하였다. 대조적으로 생효모 배양물과 불활성 효모의 급여 후에 산란 성적과 사료섭취량의 변화에 영향을 미치지 않았다고 한 결과들도 보고되었다(Nursoy et al., 2004; Sacakli et al., 2013). 건조 효모의 급여가 난각두께를 유의하게 개선시켰다고 한 결과(Elnagar, 2013)가 있는 반면, 생효모와 효모 배양물 급여가 난각질에 영향을 미치지 않았다는 반대의 결과들(Day et al., 1987; Özsoy et al., 2018)도 있었다. 이상과 같이 효모 유래의 보조사료의 급여가 난 생산성과 난각질에 미치는 영향은 일관되지 않고 효모 물질의 급여 형태, 실험 공시계의 계통, 주령과 사양 및 환경 조건 등에 따라서도 결과의 차이가 나타나므로 생각된다.

효모(*Saccharomyces cerevisiae*) 유래의 보조사료가 동물의 면역 조절에 도움이 된다는 결과(Li et al., 2006)와 닭을 공시한 연구에서 항체 반응에 유의한 개선이 있었다는 결과(Yalcin et al., 2010)를 토대로 백신 접종 이후의 주요 질병에 대한 항체 생산 반응에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 기대하게 된다. 본 실험에서는 산란후기의 계군을 공시하여 가수분해 효모를 급여하고 난 생산성, 난각질 및 항체 생성 반응에 미치는 영향을 조사함으로써 보조사료로서의 이용 가치를 평가하였다.

재료 및 방법

본 연구의 동물실험은 건국대학교 동물실험윤리위원회(IACUC)에서 승인되었고, 승인 규정에 따라 수행되었다(KU20169).

1. 동물, 실험사료 및 실험 설계

58주령 하이라인 갈색 실용산란계(Hy-Line Brown) 180수를 공시하였고 3단 3열 직립식 철제 케이지에 수용하였다. 총 3개 처리에 6반복, 반복당 10수씩 각 처리구의 산란율 평균이 유사하도록 배치하였다. 대조구에는 가수분해 효모가 포함되지 않은 일반사료를 급여하였고, 처리구에는 가수분해 효모를 각 0.1% 및 0.2% 수준으로 첨가하여 급여하였다. 본 실험에는 *Saccharomyces cerevisiae* KCTC 0610BP를 배양 후 원심분리하여 균체를 회수하고, 인산완충액, 세포벽 분해효소, 단백질 분해 효소를 사용하여 분해하여 생산한 제품을 사용하였다. 모든 사료의 외관상 대사에너지, 가소화 아미노산, 칼슘, 유효인 등 영양소 수준은 동일한 것으로 간주되었고 한국가축사양표준-가금(Korean Feeding Standard for Poultry, 2017)에 명시된 수준과 같거나 부족되지 않도록 제조하였다(Table 1). 예비실험 1주간은 기본사료를 급여하면서 적응시켰으며 본 실험 8주간 실험사료를 급여하였다.

2. 사양관리

공시계는 반복당 철제 케이지(가로 0.62 m, 높이 0.445 m, 세로 0.65 m)에서 케이지 당 5수씩 2칸의 인접한 케이지에 배치하여 반복 당 10수씩 배치하였다. 실험사료는 매일 아침 사료 컵을 이용하여 충분한 양을 급여하고 무제한 채식하도록 하였다. 물은 케이지당 2개의 니플을 통하여 자유음수 시켰다. 점등은 전 사양실험 기간 중 1일 16시간으로 하였다.

3. 조사항목

1) 사료 섭취량 및 난생산성

사료 섭취량은 급여량과 잔량 및 바닥허실을 2주 간격으로 조사하여 각 반복별 섭취량을 산출하였다. 실험기간 동안 매일 오전 9시 30분에 수집하여 정상란과 오란(파란)을 합한 총 산란 개수를 사육수수로 나누어 산란율을 계산하였으며, 당일 수집된 정상란 전부의 무게를 측정하고 정상란의 수로 나누어 평균 난중을 산출하였다. 산란수와 평균난중을 이용하여 일산란량을 계산하였다.

Table 1. Ingredient composition of basal diet on an as fed basis

Item	Basal diet
Ingredient (%)	
Corn	61.80
Soybean meal (46%)	18.00
Rapeseed meal	3.00
DDGS	5.00
Limestone	9.67
Monocalcium phosphate	0.35
Salt	0.27
Tallow	1.30
Vitamin mineral premix ¹	0.10
Lysine-HCl (55%)	0.18
Methionine hydroxyl analogue	0.23
Choline-HCl (50%)	0.10
Total	100.00
Chemical compositions, calculated	
CP (%)	16.1
EE (%)	4.3
Ca (%)	3.8
Avail. P (%)	0.30
Lys (%)	0.86
TSAA, %	0.84
ME _N (kcal/kg)	2,810

¹ Provided per kg of diet: vitamin A, 10,000 IU; vitamin D₃, 3,500 IU; vitamin E, 20 IU; vitamin K₃, 2 mg; thiamine, 1 mg; riboflavin, 5 mg; pyridoxine, 2.5 mg; vitamin B₁₂, 0.016 mg; nicotinic acid, 30 mg; calcium pantothenate, 7 mg; folic acid, 0.7 mg; Mn, 80 mg; Zn, 40 mg; Fe, 30 mg; Cu, 8 mg; I, 1 mg and Se, 0.1 mg.

2) 난질 및 난각질

실험 사료 급여 후 2주차 및 4주차, 6주 차 및 8주차에 당일 생산된 전체 계란 중 외관이 양호하고 평균 난중에 해당하는 계란을 선별하였고, DET-6000 디지털 난질 분석기 (NABEL Co. Ltd, Japan)를 이용하여 난황색, 호우유니트, 난각강도, 난각두께 등 계란의 내부 난질 및 난각질 관련 항목을 측정하였다. 호우유니트는 난각강도 측정 후 계란 껍질을 반으로 분리하여 난백을 플레이트 위에 올려 난백의 높이를 조사하여 산출하였다. 난각강도는 난각강도계(NABEL Co. Ltd, Japan)를 이용하여 계란의 침단부를 오른쪽으로

로 하여 수평으로 고정 후 일정한 압력을 가하여 최초로 파괴되는 순간의 압력을 측정하였다. 난각두께는 호우유니트를 측정하고 난각 중앙부에서 일부를 분리하여 난각막을 제거한 후, 난각 후도계(FHK PEACOCK, Japan)를 통하여 측정하였다.

3) 난각 미세구조 분석

실험종료 시에 8주차 난질분석을 마친 계란을 반복구별로 1개씩 무작위 선별하여 난각막을 제거한 뒤 상온에서 건조시켰다. 건조시킨 난각 샘플은 stub에 carbon tape를 사용

하여 고정시킨 뒤 silver paste를 바르고 Au 코팅하여 전자현미경을 하였다. 전자현미경 후 FE-SEM(field emission scanning electron microscopy, JSM-6701F; JEOL Techniques, Tokyo, Japan)을 이용하여 난각 미세구조(palisade layer 및 mammillary layer)의 두께를 측정하였다.

4) 항체역가 분석

실험 6주차에 각 처리구 별로 평균 체중에 해당하는 공시체를 총 9수 선발하였고, 뉴캐슬바이러스(Newcastle virus, NDV), 닭 전염성기관지염 바이러스(infectious bronchitis virus, IBV) 및 저병원성 조류 인플루엔자 바이러스(avian influenza virus, AIV)가 혼합된 불활화 복합백신(플루 ABBN H9N2, 녹십자수의약품(주), 경기도 용인시)을 다리 부위에 근육접종 하였다. 백신 접종 2주 후 익하정맥을 통해 채혈하였고, 혈청 분리 진공 튜브에 담았다. 혈청 분리 후 혈액자동분석기(Thermofisher multiskan fc, Thermo scientific, Finland)를 이용하여 항체 역가를 확인하였다.

4. 통계분석

결과는 SAS (SAS Inst. Inc., Cary, NC)의 Proc MIXED를

이용하여 분석하였다. 모델의 고정변수는 실험사료이며, 임의변수는 반복으로 설정하였다. 난 생산성과 난질의 실험단위는 반복으로 하였고, 기타 분석항목은 개체로 하였다. 유의한 차이가 인정되었을 때 Duncan의 다중검정을 통하여 검정을 실행하였으며, 모든 분석의 통계적 유의차는 $P < 0.05$ 로 설정하였다. Orthogonal contrast coefficient를 통하여 가수분해 효모 추출물 수준에 따른 linear 또는 quadratic 효과로서 나타내었다.

결과 및 고찰

1. 난 생산성에 미치는 영향

가수분해 효모의 급여가 산란율, 난중, 일산란량과 사료 섭취량에 미치는 영향에 대한 결과를 Table 2에 나타내었다. 실험 4주차(전반기)까지의 산란율에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, 실험 5주부터 8주(후반기)까지 조사한 산란율은 대조구에 비하여 가수분해 효모 첨가구에서 유의하게 높은 것으로 나타났다($P < 0.05$). 이 시기의 산란율에서 가수분해 효모 첨가에 따른 linear 효과가 관찰되었다($P < 0.05$). 실험 전체 기간 중의 산란율에서는 유의한 차이는 나타나지

Table 2. Effects of dietary hydrolyzed yeast on egg production and feed intake in aged laying hens¹

	Hydrolyzed yeast (%)			SEM	P values		
	0	0.1	0.2		Linear	Quadr.	ANOVA
Egg production (%)							
1~4 wk	79.5	82.8	79.8	0.02	0.918	0.267	0.527
5~8 wk	75.7 ^b	83.2 ^a	82.3 ^a	0.02	0.016	0.069	0.015
Total period	77.3	83.0	81.3	0.02	0.152	0.131	0.124
Egg weight (g/egg)							
1~4 wk	63.0	63.2	62.5	0.57	0.515	0.542	0.667
5~8 wk	63.9	63.3	62.6	0.52	0.102	0.949	0.250
Total period	63.5	63.2	62.5	0.51	0.217	0.715	0.428
Egg mass							
1~4 wk	50.0	48.5	49.1	1.56	0.976	0.259	0.518
5~8 wk	52.2 ^b	52.7 ^a	52.5 ^{ab}	1.15	0.066	0.077	0.047
Total period	50.0	51.7	50.9	1.25	0.342	0.121	0.194
Feed intake (g/bird/d)							
1~4 wk	119.0	118.2	117.6	1.26	0.429	0.937	0.721
5~8 wk	111.1 ^b	118.4 ^a	117.1 ^a	1.28	0.005	0.015	0.002
Total period	115.1	118.4	117.4	1.22	0.202	0.176	0.184

SEM, standard error of the means.

¹ Data are least square of mean of 6 replicate with 2 cages with 5 birds per cage.

^{ab} Mean values within a row with different superscripts differ at $P < 0.05$.

않았다. 실험 전반기, 후반기 및 전체 기간 중의 난중에서는 처리간에 큰 차이가 없었다. 일산란량 항목에서는 산란율과 유사한 결과가 관찰되었다. 실험 전반기의 일산란량에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, 실험 후반기의 일산란량은 대조구에 비하여 가수분해 효모 0.1% 첨가구에서 유의하게 높은 것으로 나타났다($P<0.05$). 또한 이 시기의 사료 섭취량에서 가수분해 효모 첨가에 따른 linear 효과($P<0.01$)와 quadratic 효과($P<0.05$)가 인정되었다. 실험 전체기간 중의 사료섭취량에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다.

효모를 기반으로 하는 다양한 보조사료를 산란계에 급여한 이전 실험에서 난 생산성에 대한 결과에는 다소 차이가 있다. Araujo et al.(2017)은 가수분해 효모를 육용 종계에 급여한 연구에서 산란율은 유의하게 증가하였지만, 섭취량은 차이가 없었다고 보고하였으며, 유사하게 Hammed et al.(2019) 역시 효모 급여 후 산란율과 일산란량이 유의하게 개선된 결과를 관찰하였고 이는 조단백질 소화율이 향상된 때문이라고 하였다. 효모벽 물질을 실용계에 급여한 실험에서도 각각 산란수와 산란량의 유의한 개선과 산란율의 향상 효과가 관찰된 바 있다(Yalcin et al., 2010; Koiyama et al., 2017). 이와는 다르게 Nursoy et al.(2004)과 Sacakli et al.(2013)은 생효모 배

양물과 불활성 효모의 급여 후에 산란 성적과 사료섭취량의 변화에 영향을 미치지 않았다고 하였다.

Park et al.(2002)은 효모 배양물을 갈색 실용 산란계에 급여하였을 때 실험 후반기의 산란율과 일산란량이 유의하게 증가하였으나 총 실험기간 중의 난 생산성에서는 유의한 차이가 없었다고 하였는데 실험 후반기의 일산란량이 유의하게 증가하는 결과를 보고하였다. 본 실험에서도 가수분해 효모 급여에 따라 실험 후반기의 산란율과 일 산란량에서 유의한 개선 효과가 나타났으며, 선행 연구와 유사한 긍정적인 결과로 판단되었다.

2. 난질 및 난각질에 미치는 영향

가수분해 효모 급여 후 난각강도, 난각두께, 호우 유니트, 난황색에 미치는 영향을 Table 3에 나타내었다. 실험 전반기의 난각강도에서 대조구에 비하여 가수분해 효모 첨가구에서 유의하게 높은 것으로 나타났다($P<0.01$). 이 시기 난각강도에서 가수분해 효모 첨가에 따른 linear 효과($P<0.01$)가 관찰되었다. 실험 후반기에 조사한 난각강도에서도 가수분해 효모 추출물 첨가구에서 대조구에 비하여 유의하게 높은 것으로 나타났으며($P<0.05$), 이 기간 중에 linear 효과($P<0.01$)

Table 3. Effects of dietary hydrolyzed yeast on egg and eggshell qualities in aged laying hens¹

	Hydrolyzed yeast (%)			SEM	P values		
	0	0.1	0.2		Linear	Quadr.	ANOVA
Eggshell strength (kg/cm²)							
1~4 wk	4.1 ^b	4.6 ^a	4.5 ^a	0.09	0.006	0.065	0.001
5~8 wk	4.0 ^b	4.6 ^a	4.6 ^a	0.09	0.010	0.078	0.011
total period	4.0 ^b	4.6 ^a	4.6 ^a	0.09	0.003	0.040	0.003
Eggshell thickness (mm)							
1~4 wk	0.380 ^c	0.393 ^b	0.407 ^a	0.01	0.001	1.000	<0.001
5~8 wk	0.377	0.393	0.395	0.01	0.035 ^a	0.291	0.066
total period	0.378 ^b	0.393 ^a	0.402 ^a	0.01	0.001	0.485	0.002
Haugh unit							
1~4 wk	89.4	88.7	88.3	0.83	0.770	0.606	0.835
5~8 wk	83.9	85.3	85.1	1.53	0.574	0.667	0.772
total period	85.9	87.0	86.7	0.88	0.532	0.534	0.674
Yolk color							
1~4 wk	8.9 ^b	9.2 ^a	9.1 ^{ab}	0.07	0.081	0.044	0.036
5~8 wk	9.0	9.2	9.0	0.08	0.965	0.052	0.142
total period	8.9 ^b	9.2 ^a	9.0 ^{ab}	0.08	0.262	0.017	0.033

SEM, standard error of the means.

¹ Data are least square of mean of 6 replicate with 2 cages with 5 birds per cage.

^{a-c} Mean values within a row with different superscripts differ at $P<0.05$.

가 관찰되었다. 실험 전체 기간 중의 평균 난각강도는 가수분해 효모 첨가구에서 대조구보다 유의하게 높은 것으로 나타났다($P<0.01$). 실험기간 전체에서 가수분해 효모 급여에 따른 linear 효과($P<0.01$)와 quadratic 효과($P<0.05$)가 모두 인정되었다. 난각두께에서는 실험 전반기까지 가수분해 효모 첨가구에서 유의하게 높은 것으로 나타났다($P<0.001$). 실험 후반기에서는 가수분해 효모 첨가구와 대조구간의 차이가 없었으나, linear 효과($P<0.05$)가 관찰되었다. 전체 실험기간에서는 가수분해 효모 첨가구와 대조구간의 유의차가 나타났으며($P<0.01$), linear 효과 역시 인정되었다($P<0.001$). 난황색에서는 실험 전반기에 대조구에 비하여 가수분해 효모 첨가구에서 유의하게 높은 것으로 나타났으며($P<0.05$), quadratic 효과($P<0.05$)가 인정되었다. 실험 후반기에 조사한 난황색에서는 처리간에 유의한 차이가 없었다. 전체 실험기간에서 가수분해 효모 첨가구에서 유의차가 인정되었고($P<0.05$), quadratic 효과($P<0.05$)가 관찰되었다.

난각 미세구조를 조사한 결과를 Table 4에 명시하였다. 책상층에서는 유의차가 없었으나, 유두층에서는 가수분해 효모 급여에 따른 linear 효과($P<0.05$)가 관찰되었다. 함산한 미세구조의 전체 두께에서는 유의한 차이가 인정되지 않았다.

효모를 기반으로 하는 다양한 보조사료를 산란계에서 급여한 이전 실험에서 난질에 대한 결과는 다소 차이가 있다. Zhang et al.(2020)에 따르면 난각강도 및 두께, 난황색에는

영향이 없는 것으로 나타났다. 유사하게 Day et al.(1987)과 Özsoy et al.(2018)에 의하면 생효모와 효모 배양물 급여가 난각질에 영향을 미치지 않았다고 하였다. 그러나 Elnagar (2013)은 건조 효모의 첨가 급여에 따라 난각두께에서 유의한 개선 효과가 있었다고 하였다. 효모 보조사료 급여 후 관찰된 선행연구의 결과는 매우 상반되지만 가수분해 효모는 산란후기의 난각강도와 난각두께의 개선에 효과적인 것으로 나타났다.

본 실험에서는 관찰된 난각강도와 난각두께의 개선에는 효모에 존재하는 비타민 B군과 필수 미량무기질 등의 생물학적 유효 성분이 도움이 되었거나, 효모 유래의 효소가 미량 무기질의 생체이용률을 높였기 때문으로 생각할 수 있다 (Hameed et al., 2019). 효모 내 비타민 E 등의 성분이 옥시카로티노이드의 이용성을 향상시킴으로서 난황색이 개선되었을 가능성(Girma et al., 2012)도 추가 연구를 통해 규명할 필요가 있겠다.

3. 항체 역가에 미치는 영향

가수분해 효모 급여 후 항체 역가에 미치는 영향을 Table 5에 정리하였다. 혈청으로 조사한 뉴캐슬 바이러스와 닭 전염성 기관지염 바이러스에 대한 항체 역가에서는 처리 간에 큰 차이를 보이지 않았다. 저병원성 조류인플루엔자 바이러스에 대한 역가는 대조구에 비하여 가수분해 효모 0.2% 첨

Table 4. Effects of dietary hydrolyzed yeast on eggshell ultrastructure in aged laying hens¹

	Hydrolyzed yeast (%)			SEM	P values		
	0	0.1	0.2		Linear	Quadr.	ANOVA
Palisade (µm)	227	238	239	5.38	0.152	0.468	0.273
Mammillary (µm)	86	88	92	1.62	0.023	0.652	0.064
Total (µm)	314	326	332	6.00	0.059	0.594	0.141

SEM, standard error of the means.

¹ Data are least square of mean of 6 normal eggs per treatment.

Table 5. Effects of dietary hydrolyzed yeast on antibody titers against avian influenza (AI), Newcastle disease (ND) and infectious bronchitis (IB) virus in aged laying hens¹

	Hydrolyzed yeast (%)			SEM	P values		
	0	0.1	0.2		Linear	Quadr.	ANOVA
AI titer (log10)	6.3 ^b	6.6 ^{ab}	7.4 ^a	0.34	0.016	0.438	0.041
ND titer (log10)	7.6	7.7	8.0	0.39	0.373	0.892	0.660
IB titer	5,844	4,762	5,037	753.6	0.429	0.463	0.578

SEM, standard error of the means.

¹ Data are least square of mean of 9 birds per treatment.

^{ab} Mean values within a row with different superscripts differ at $P<0.05$.

가구에서 유의하게 높았으며($P<0.05$), 첨가수준에 따른 linear 효과가 관찰되었다($P<0.05$).

Wang et al.(2017)은 육계에 리포폴리사카라이드를 접종한 실험에서 생효모 급여구에서 항체가가 유의하게 높아졌다는 연구 결과를 보고하였다. 효모 배양물을 급여한 산란계에 면양 적혈구를 주입하는 실험을 통해 이질 단백질에 대한 항체 반응이 유의하게 증가한 결과를 보였다(Yalcin et al., 2010). Sun et al.(2020) 역시 효모 급여구의 육계 병아리 혈청에서 IgA와 IgG를 조사한 결과 체액성 면역 반응이 향상된 것을 확인하였다. 본 실험에서도 항체 형성 반응에서 일부 긍정적인 반응이 나타났으므로 향후 다양한 면역지표를 조사함으로써 효모 급여 효과를 충분히 검증할 필요가 있겠다.

적 요

본 실험은 산란후기의 공시계에서 가수분해 효모의 수준별 급여를 통해 난 생산성과 난질을 평가하고 평가된 데이터를 기본으로 하여 보조사료적 가치를 검토하기 위하여 수행하였다. 58주령 하이라인 실용 갈색계 총 180수를 공시하여 3개 처리에 6반복 반복당 10수를 임의배치 하였고 가수분해 효모를 0, 0.1 및 0.2% 수준으로 첨가한 실험사료를 8주간 급여하였다. 첫 전기 4주간의 산란율과 일산란량에서는 처리간에 큰 차이가 없었으나, 후기 4주간 동안 대조구에 비하여 가수분해 효모를 첨가한 실험구의 산란율과 일산란량이 유의하게 높은 것으로 나타났다($P<0.05$). 난중은 처리간에 큰 차이가 없었다. 전체 실험기간 중의 난각강도와 난각두께는 가수분해 효모 첨가구에서 유의하게 높은 결과가 관찰되었다($P<0.05$). 호우유니트에서는 처리간에 차이가 없었으나 난황색은 가수분해 효모 0.1% 첨가구에서 대조구에 비하여 유의하게 높았다($P<0.05$). 난각 미세구조에서 유두층은 가수분해 효모 급여에 따라 선형적으로 증가하는 결과가 관찰되었다($P<0.05$). 가수분해 효모 0.2% 첨가구에서 가금 인플루엔자 바이러스에 대한 항체역가가 유의하게 증가하였다($P<0.05$). 결론적으로 가수분해 효모의 첨가 급여에 의해 산란후기의 난 생산성이 부분적으로 개선되었고, 난질 및 난각질이 유의하게 향상됨으로서 산란계의 후기 생산단계에 효과적으로 적용할 수 있음이 시사되었다.

(색인어: 가수분해 효모, 난 생산성, 난각질, 항체 역가, 후기 산란계)

ORCID

Jae Young Chung <https://orcid.org/0000-0002-1013-9167>
 Kwan Eung Kim <https://orcid.org/0000-0002-8392-9864>
 Hyung Ho Lee <https://orcid.org/0000-0002-1429-4383>
 Hoi Chang Yang <https://orcid.org/0000-0001-8551-1181>
 Eun Jib Kim <https://orcid.org/0000-0002-6243-0407>
 Byoung Ki An <https://orcid.org/0000-0002-3158-2491>

REFERENCES

- An SH, Kim DW, An BK 2016 Effects of dietary calcium levels on productive performance, eggshell quality and overall calcium status in aged laying hens. *Asian Australas J Anim Sci* 29(10):1477-1482.
- Araujo LF, Bonato M, Barbalho R, Araujo CSS, ZorZetto PS, Granghelli CA, Pereira RJG, Kawaoku AJT 2017 Evaluating hydrolyzed yeast in the diet of broiler breeder hens. *J Appl Poult Res* 27(1):65-70.
- Austic RE, Nesheim MC 1990 *Poultry Production*. 13th ed. Lea & Febiger, Ltd.
- Day EJ, Dilworth BC, Omar S 1987 Effect of varying levels of phosphorus and live yeast culture in caged layer diets. *Poult Sci* 66(8): 1402-1410.
- Elnagar SHM 2013 Effect of dried yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) supplementation as feed additive as feed additive to laying hen diet on egg production, egg quality, carcass traits and blood constituents. *Egypt J Anim Prod* 50(2): 111-115.
- Girma M, Tamir B, Dessie T 2012 Effects of replacing peanut seed cake with brewery dried yeast on laying performance, egg quality and carcass characteristics of Rhode Island Red chicken. *Int J Poult Sci* 11(1):65-72.
- Hammed R, Tahir M, Khan SH, Ahmad T, Iqbal J 2019 Effect of yeast supplementation on production parameters, egg quality characteristics and crude protein digestibility in hens. *Adv Life Sci* 6(4):147-151.
- Hashim M, Fowler J, Haq A, Bailey CA 2013 Effects of yeast cell wall on early production laying hen performance. *J Appl Poult Res* 22(4):792-797.
- Hy-Line Brown Management Guide 2019 Hy-Line International.

- www.hyline.com. Accessed on September 4, 2019.
- Koiyama NTG, Utimi NBP, Santos BRL, Bonato OMA, Barbalho R, Gameiro AH, Araujo CSS, Araujo LF 2017 Effect of yeast cell wall supplementation in laying hen feed on economic viability, egg production and egg quality. *J Appl Poult Res* 27(1):116-123.
- Li J, Li DF, Xing JJ, Cheng ZB, Lai CH 2006 Effects of β -glucan extracted from *Saccharomyces cerevisiae* on growth performance, and immunological and somatotropic responses of pigs challenged with *Escherichia coli* lipopolysaccharide. *J Anim Sci* 84(9):2374-2381.
- Nursoy H, Kaplan O, Oguz MM, Yilmaz O 2004 Effects of varying levels of live yeast culture on yield and some parameters in lay hen diets. *Indian Vet J* 81(1):59-62.
- Özsoy B, Karadağoğlu Ö, Yankan A, Önk K, Celik E, Sahin T 2018 The role of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, egg yolk fatty acid composition, and fecal microflora of laying hens. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 47:e20170159.
- Park JH, Park GH, Ryu KS 2002 Effect of feeding organic acid mixture and yeast culture on performance and egg quality of laying hens. *Kor J Poult Sci* 29(2): 109-115.
- Sacakli P, Ergun A, Koksall BH, Ozsoy B, Canlekcin Z 2013 Effects of inactivated brewer's yeast (*Saccharomyces cerevisiae*) on egg production, serum antibody titers and cholesterol levels in laying hens. *Veterinarija ir Zootechnika* 61(83):53-60.
- Sun Z, Wang T, Demelash N, Zheng S, Zhao W, Chen X, Zhen Y, Qin G 2020 Effect of yeast culture (*Saccharomyces cerevisiae*) on broilers: A preliminary study on effective components of yeast culture. *Animals*, 10, 68; doi:10.3390/ani10010068.
- Wang W, Ren W, Li Z, Yue Y, Guo Y 2017 Effects of live yeast on immune responses and intestinal morphological structure in lipopolysaccharide-challenged broilers. *Can J Anim Sci* 97(1):136-144.
- Yalçın S, Yalçın S, Cakin K, Eltan O, Dagasan L 2010 Effect of dietary yeast autolysate (*Saccharomyces cerevisiae*) on performance, egg traits, egg cholesterol content, egg yolk fatty acid composition and humoral immune response of laying hens. *J Sci Food Agri* 90(10):1695-1701.
- Zhang JC, Chen P, Zhang C, Khalil MM, Zhang NY, Qi DS, Wang YW, Sun LH 2020 Yeast culture promotes the production of aged laying hens by improving intestinal digestive enzyme activities and the intestinal health status. *Poult Sci* 99(4):2026-2032.

Received Aug. 30, 2021, Revised Nov. 9, 2021, Accepted Nov. 9, 2021