



산란용 토종닭 실용계와 하이라인 브라운의 산란능력 및 계란분석 비교 연구

박해은¹ · 유명환¹ · 서은수¹ · 오켓치¹ · 산¹ · 차투랑가¹ · 베르나¹ · 베누스테¹ · 이제석¹ · 최현지¹ · 허정민^{2*}

¹충남대학교 축산학과 대학원생, ²충남대학교 동물자원과학부 교수

A Comparative Study on the Laying Performance and Egg Quality of the Korean Native Commercial Chicken and Hy-Line Brown

Hae-eun Park¹, Myunghwan Yu¹, Eunsoo Seo¹, Elijah Ogola Oketch¹, Shan Randima Nawarathne¹,
 Nuwan Chamara Chathuranga¹, Bernadette Gerpacio Sta. Cruz¹, Venuste Maniraguha¹,
 Jeseok Lee¹, Hyunji Choi¹ and Jung Min Heo^{2*}

¹Graduate Student, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

²Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Chungnam National University, Daejeon 34134, Republic of Korea

ABSTRACT This study aimed to assess the performance of laying hens across twelve crossbreed strains (i.e., CFCK, CFYC, CFYD, CKCF, CKYC, CKYD, YCYD, YCCF, YCCK, YDCF, YDCK, and YDYC) of Korean native chicken (KNC) and compare them with Hy-Line Brown layers. A total of 287 18-week-old laying hens were placed in battery cages by strains (2–5 birds per pen). Results indicated that the YCYD and YDYC strains exhibited numerically heavier body weights than Hy-Line Brown at week 18–64. CKYC and YDYC strains demonstrated more than 94% viability by week 64. The CFYC strain had an age of first egg laying of 127 days, and the YDCF strain reached an age of 50% egg production at 140 days, both earlier than their parent stock. The YDCF strain showed over 70% egg production for up to 60 weeks. Regarding egg quality, the CKCF and YCCF strains had numerically higher egg weights among the KNC groups at week 24–64, with the YDYC strain showing a darker ($P<0.05$) eggshell color compared to CKCF at week 40. Moreover, KNC crossbreeds showed a higher ($P<0.05$) egg yolk ratio than Hy-Line Brown. In conclusion, the YDCF and YCCF crossbreeds exhibited the most desirable new synthetic Korean native commercial layer based on egg production and quality parameters. Therefore, these strains could be a viable substitute for Hy-Line Brown layers.

(Key words: crossbreed, egg quality, Korean native commercial layer, laying performance)

서 론

자연계에 존재하는 대표적인 단백질 공급원으로 알려진 계란은 인간에게 필수아미노산, 지방, 비타민과 무기질 등 필요한 영양소를 제공하는 경제적인 식량 자원으로 지목되어 왔다(Réhault-Godbert et al., 2019). 최근, 농림축산식품주요통계(2022)에 의하면 1인당 계란 소비량은 2018년 268개에서 2021년 281개로 증가하였으며(Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2023) 계란 총생산량도 2017년 128억 개에서 2021년 137억 개로 7% 증가하여 수요와 공급 측면에서 모두 증가하는 경향을 보였다. 현재 국내 계란산업의 산란계 품종은 육종 전문 글로벌 기업인 Aviagne, EW

group 그리고 Hendrix Genetics 사에서 독점하여 생산하고 있다(Fuglie et al., 2011). 이에 따라 우리나라는 전량 외국에서 개량되어 수입된 종계의 계란 생산에 의존하고 있으며 이는 AI 등 질병발생 등 불안정한 종계 수급으로 인해 국내 양계산업이 위협에 처하게 될 우려가 있다(Sponenberg et al., 2019). 이러한 식량안보 위협에 대응하기 위해서는 우리의 고유 자산인 토종닭 국산 종계를 개발해 산란 능력이 우수한 산란용 실용계로부터 계란을 원활하게 수급함으로써 자급률을 개선해야 할 필요가 있다고 판단된다.

토종닭은 예로부터 국내에서 사육되어온 재래종과 외국의 유래종중 순계로 도입돼 우리나라 기후풍토에 완전히 적응된 토착종을 말하며 역사적, 경제적, 영양학적 및 문화유산

* To whom correspondence should be addressed : jmheo@cnu.ac.kr

적으로 높은 가치가 있는 품종이다(Poultry Research Institute, 2016). 과거 토종닭은 1900년대 이후 도입된 외국개량종으로 인해 경쟁력을 잃게 돼 사육수수가 급감하게 되었고, 이에 농촌진흥청 축산시험장에서 1992년부터 토종닭 복원 및 개량 작업을 위한 기초 계군을 조성하여 2011년 한국재래닭 5계통을 완성하였다(Jin et al., 2017). 그러나 2014년 고병원성 조류인플루엔자로 인해 복원된 종들이 모두 소실되어 남원 가축유전자원센터에서 보유하고 있던 중복 보존종을 이용하여 지금의 한국 재래닭 5계통을 복원하였다(Kim et al., 2019). 하지만 현재 국내에서 연구 및 이용되고 있는 토종닭은 주로 경제성을 위한 성장개량 위주에 관한 자료가 대부분인 것이 현실이다(Kim et al., 2018, 2021b, 2022). 또한, 산란능력 관련 토종닭 연구에서 64주령 평균 산란율 65.1%, 산란수 188개로 조사되었으나(Ahn and Park, 2002), 대표적인 실용 산란계인 Hy-Line Brown의 산란율은 60주령 기준 85%로 알려져 있다(Hy-Line International, 2020). 이처럼 지난 연구(Ahn and Park, 2002; Song et al., 2023)들을 비교하였을 때, 현재 토종닭은 일반 실용계에 비해 산란성적이 낮고 계란 생산비용 측면에서 경쟁력이 미비한 실정이다(Hong et al., 2012).

이러한 토종닭의 생산 능력 향상 및 능력발현의 유전적 고정을 위해 대표적인 교배 방법 중 하나인 이면교배조합을 이용하였고, 이는 서로 다른 개체 간의 교배 시 1세대가 양친계통에 비해 우수한 성장이나 형질을 나타내는 생물학적 현상으로 비가산적 유전효과를 통해 가금류의 생산능력을 개선하는 교배법이다(Sohn et al., 2023). Abplanalp et al.(1984)와 Ohh et al.(1980)에서는 평균 난중, Ohh and Yeo(1979)에서는 산란수와 초산 체중, Cheong et al.(1985)은 산란지수 및 산란율에서 잡종교배에 의한 높은 잡종 강세 효과가 보고되었다. 따라서 본 연구는 이면교배된 산란계의 산란기에 중점을 두고 산란용 토종닭과 실용 산란계의 생존율, 체중, 산란능력, 계란품질 및 난형을 비교분석해 토종 실용 산란계 생산을 목적으로 산란 성적이 우수한 토종 실용계 교배조합을 설정하고자 한다.

재료 및 방법

본 실험은 충남대학교 동물윤리위원회 심의규정(202206-CNU-085)에 의해 검토된 후 수행되었다. 공시된 닭의 사양은 본 대학교 닭 사육 관리 지침에 따랐으며, 동물의 관리 및 취급은 본 대학 동물실험윤리위원회의 규정을 준수하고, 승인을 받았다.

1. 공시동물과 실험설계

본 실험에 이용된 공시동물은 국립축산과학원 가금연구소에서 보유한 토종닭 순계 5계통[한국로드아일랜드레드(C, D), 한국화이트레그혼(F, K), 재래종토종닭(Y)]으로 2원 교배를 실시하여 진행된 Hong et al.(2022)의 선행연구를 바탕으로 진행된 후속연구이다. Hong et al.(2022)의 선행연구 결과를 참고하여, 이면교배조합을 위한 4개의 계통(i.e., CF, CK, YC and YD)을 선정 후, 경상국립대학교에서 토종닭 실용계를 생산하였다. 각 교배조합은 서로 같은 교배종과는 교배를 진행하지 않았다. 따라서 한 교배종 당 3개의 교배종과 교배를 하여 총 12개의 고유한 교배조합(i.e., CFCK, CFYC, CFYD, CKCF, CKYC, CKYD, YCYD, YCCF, YCCK, YDCF, YDCK, and YDYC)과 안정에 위치한 일반 부화장에서 생산된 Hy-Line Brown을 실험에 사용하였으며 18주령 암컷 산란계 총 287수가 이용되었다. 모든 공시동물들은 무장계사의 battery cages(60 × 25 × 45 cm³ = 가로 × 세로 × 높이)로 교배조합별로 케이지당 2-5마리씩 넣고 사육하였다. 할당된 닭의 수수는 Table 1에 제시하였다.

2. 사양관리

사양 시험은 산란계 18주령부터 64주령까지 총 46주간 시행되었다. 시험 사료는 산란계의 사육단계별로 전환하여 18-28주령과 28-64주령을 구분하여 급여하였고, 단계별 시험 사료의 조성은 한국가축사양표준(National Institute of Animal Science, 2022)을 참고하여 배합하였다(Table 2). 사료 급여의 경우 산란계의 주령 및 체중을 참고하여 제한 급여를 실시하였다. 물은 전 실험기간 동안 자유롭게 섭취할 수 있도록 조치하였다. 점등은 18주령부터 광도 15 lux로 16시간 점등 후 오후 10시부터 다음날 오전 6시까지 8시간 소등(16L:8D)을 반복하였다. 그 외 사양관리는 한국가축사양

Table 1. The diallel cross combinations using Korean native chicken strains and control from weeks 18 to 64

Male	Female			
	CK	CF	YC	YD
CK		CKCF (7)	CKYC (20)	CKYD (23)
CF	CFCK (25)		CFYC (22)	CFYD (24)
YC	YCCK (23)	YCCF (17)		YCYD (28)
YD	YDCK (22)	YDCF (22)	YDYC (17)	
Control	Hy-Line Brown (37)			

Brackets are the number of chicks.

C, D: Korean Rhode Island; F, K: Korean Leghorn; Y: Korean domestic chicken.

Table 2. Composition of the experimental diets (% as-fed basis) in the laying phase.

Ingredient	Diets	
	Week 18–28	Week 28–64
Corn	58.20	61.46
Soybean meal	22.78	20.42
Corn gluten meal	4.53	5.00
Soybean oil	2.50	1.26
Monocalcium phosphate	1.38	1.21
Limestone	9.65	10.00
Salt	0.25	0.25
L-lysine	0.20	0.03
DL-methionine	0.21	0.07
Vitamin-mineral premix ¹	0.30	0.30
Chemical composition		
Metabolizable energy (kcal/kg)	2,859	2,800
Crude protein (%)	18.20	17.50
Calcium (%)	4.10	4.20
Available phosphorus (%)	0.40	0.37

¹ Vitamin and mineral mixture provided the following nutrients per kg of diet: vitamin A, 24,000 IU; vitamin D₃, 6,000 IU; vitamin E, 30 IU; vitamin K, 4 mg; thiamin, 4 mg; riboflavin, 12 mg; pyridoxine, 4 mg; folacin, 2 mg; biotin, 0.03 mg; vitamin B8 0.06 mg; niacin, 90 mg; pantothenic acid, 30 mg; Fe, 80 mg (as FeSO₄ · H₂O); Zn, 80 mg (as ZnSO₄ · H₂O); Mn, 80 mg (as MnSO₄ · H₂O); Co, 0.5 mg (as CoSO₄ · H₂O); Cu, 10 mg (as CuSO₄ · H₂O); Se, 0.2 mg (as Na₂SeO₃); I, 0.9 mg (as Ca(IO₃)₂ · 2H₂O). ME, metabolizable energy; CP, crude protein.

표준의 산란계의 사양관리(National Institute of Animal Science, 2022)에 따라 시행하였다.

3. 시험항목

체중과 생존율의 경우 18주에 측정 후, 20주부터는 4주 간격으로 64주령까지 측정하였다. 체중은 오전 8시에 사료 급여를 중단하고, 오전 10시에 개체별로 측정하였다. 생존율은 교배조합별 입추수수를 기준으로 생존한 수수의 비율(%)로 표시하였다. 시산일령은 조합별로 반복수당 시험계의 첫 산란 개시 일령을 조사하고 이의 평균을 산출하였다. 초산일령은 50% 이상의 산란율을 연속 2일간 나타내었을 때의 일령을 나타내었다. 일계 산란율(Hen-day egg production)은 20주부터 검정종료 시까지 각 케이지 별로 매일 산란수를 집계하였고, 케이지 당 7일의 산란수를 합산한 후, 생존한 수수로 나누고, 1주 단위로 평균을 내어 계산하였다.

일계산란율(Hen-day egg production) (%) =
(일주일 간 케이지 별 산란수 / 7) / 케이지 별 수수 × 100

계란 품질 분석은 난중, 난각색, 난황색, 난각두께, 난각강도를 측정하였으며 초산일령이 지난 24주부터 64주까지 4주 간격으로 진행하였다. 분석이 진행되기 전 날에 생산된 계란을 한 계통 당 6개의 반복수를 이용하였고, 반복수 당 5개의 계란을 수집하여 파각란 및 연란 등 비정상적인 계란을 제외하고 총 4,290개(390개 × 11회 분석)의 계란을 분석하였다. 난형분석의 경우 64주차에 반복수 당 5개의 계란을 6 반복하여 390개의 계란을 분석하였다. 난중은 분석용 저울(OHAUS explorer E12140, Ohaus Corp., USA)을 이용하여 계란의 무게를 측정하였고, 난각색은 QCR color reflectometer(Technical Services and Supplies Ltd., York, England)을 이용하여 측정하였다. 색도 측정의 경우 표준백판(Serial No. 103057, CAL REF. 81.0%)과 표준흑판(Serial No. 103057, CAL REF. 00.0%)으로 보정한 후 흰색은 100%, 검정색은 0%의 반사율을 기준으로 측정하였다. 난황색은 QCC Yolk Color automated device(Technical Services and Supplies Ltd., York, England)을 이용하여 표준백판(Serial No. 103057, CAL REF. 81.0%)으로 보정한 후, 측정된 값은 기계에 세팅 된 Roche Color Fan Score(1: 연노랑~15: 주황)에 따라 자동 산출되었다. 난각 두께는 난각막을 제거한 후, QCT shell thickness micrometer(Technical Services and Supplies Ltd., York, England)를 이용하여 10 μm(0.001 cm) 단위로 측정하였다. 난각 강도의 경우 TA-XT Plus texture analyzer(Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY, USA)를 이용하여 g 단위로 측정하였다. 난형분석은 계란의 장경과 단경을 digital vernier caliper(Digital Caliper E03-150 122-521, Misumi Corp., Japan)로 측정하였고, 측정된 단경을 장경으로 나누어 난형지수를 계산하였다. 또한, 하나의 계란의 난중, 난각, 난백, 난황의 무게를 분석용 저울(OHAUS explorer E12140, Ohaus Corp., USA)을 이용해 측정하고 난각, 난백, 난황 각각을 난중으로 나누어 구성 비율을 계산하였다.

난형지수 (%) = 단경 / 장경 × 100

난각비율 (%) = 난각 / 난중 × 100

난백비율 (%) = 난백 / 난중 × 100

난황비율 (%) = 난황 / 난중 × 100

4. 통계처리

실험에 이용된 모든 데이터는 SPSS 26.0(SPSS Inc., Chicago, USA)의 GLM program(general linear model, one-way

ANOVA procedure, SPSS Inc., Chicago, USA)을 이용하여 분석하였다. 통계 단위는 체중의 경우, battery cage를 이용하였고, 계란 품질 및 난형 분석은 반복 수 당 5개의 계란을 이용하여 총 6 반복으로 통계 분석을 진행하였다. 사후 검정은 체중의 경우, Scheffe의 다중검정을 이용하였고, 계란 품질은 Tukey's test를 이용하여 95%의 신뢰수준에서 평균값들의 유의성을 검정하였다.

결과 및 고찰

1. 체중

이면교배된 전 개체를 대상으로 18주령, 28주령 그리고 64주령때의 조합별 체중의 결과를 Table 3에 제시하였다. 18주령에서는 YCCF를 제외한 모든 조합들과 Hy-Line Brown간에 유의적인 차이는 나타나지 않았으며($P>0.05$) 28주령에는 YCYD 조합이 토종닭 교배조합 및 Hy-line Brown과 비교했을 때 수치적으로 가장 무거운 경향을 나타내었다. Hong et al.(2022)에 따르면 종계의 28주령 체중은 YC의 경우 1,784.66 g, YD의 경우 1,776.62 g으로 보고한 바 있는데 본 실험에서 28주령 때 YCYD 조합의 경우 1,984.1 g, YDYC 조합의 경우 1,927.9 g으로 YC, YD가 교잡된 실용계 조합들의 체중이 종계보다 각 11.43%, 8.27% 무거운 결과를 보여주었다. 또한, 18-64주령에서 YCYD와 YDYC가 Hy-Line Brown보다 수치적으로 높은 체중을 보였다. YCYD, YDYC 조합은 연구에서 가장 높은 결과는 나타냈던 YC, YD를 부계와 모계로 설정해 교잡을 이용함으로써 유전적 자질로 인한 잡종강세 현상에 따른 결과로 보여진다(Hong et al., 2022).

2. 생존율

분석 결과, Hy-Line Brown과 비교했을 때 24주령까지 모든 조합에서 90% 이상의 높은 생존율을 보인 반면 산란후기로 갈수록 조합 간의 차이를 나타냈다(Table 4). 그 중 CKYC, YDYC 조합은 64주령까지도 90% 이상의 생존율을 보였고 Hy-Line Brown과 비교하였을 때 비교적 동등한 결과를 나타냈다. Sohn et al.(2023)은 YC조합의 생존율이 가장 높았음을 보고하였고, Kim et al.(2019)은 토종닭 원종계인 Korean Rhode-C, Korean Rhode-D 및 KNC Yellowish-brown의 생존율이 각각 88.1, 92.2, 87.6%로 다른 원종계들의 평균 생존율에 비해 18.83% 높은 수준임을 보고하였다. 위의 결과들을 종합할 때 한국재래닭(Y)과 토착로드종(C,D)의 교배 조합들은 높은 생존율을 지닌 강건한 품종으로 양친의 생존율이 자손의 생존율에 큰 영향을 끼친다는 것을 의미한다(Sohn et al., 2023). 따라서 96.15%의 높은 평균 생존율을 나타낸 CKYC 조합이 토종닭 교배조합들의 평균 생존율과 비교했을 때 9.61% 높은 생존율을 나타낸 것으로 사료된다.

3. 산란율

모든 조합들과 Hy-Line Brown의 시산일령 및 초산일령을 Table 5에 제시하였다. 본 실험에서 조합 중 CFYC의 시산일령은 127일로 가장 빨랐고 초산일령은 YCCF, YDCF가 140일로 가장 빠르게 나타났다. Hy-Line Brown과 비교했을 때 초산일령과 시산일령이 비교적 늦게 나타났지만 Hong et al.(2022) 선행연구의 결과와 비교했을 때 YC, YD가 128일로 시산일령이 가장 빨리 나타났고 초산일령은 YD가 158일, YC가 159일로 가장 빠르게 나타났다. 초산일령은 종계

Table 3. Comparison of body weight between crossbred Korean native chickens and Hy-Line Brown from weeks 18 to 64

Period	Treatments ¹												Hy-Line Brown	SEM ²	P-value
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCCK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC			
Body weight (g)															
Week 18	1,284. 1 ^{abc}	1,315. 2 ^{bcd}	1,264. 4 ^{abc}	1,426. 8 ^d	1,301. 1 ^{abcd}	1,268. 1 ^{abc}	1,175. 9 ^a	1,222. 9 ^{ab}	1,330. 8 ^{bcd}	1,174. 8 ^a	1,274. 7 ^{abc}	1,386. 9 ^{cd}	1,326. 4 ^{bcd}	11.635	0.003
Week 28	1,704. 5 ^a	1,835. 7 ^{abcd}	1,812. 4 ^{abc}	1,911. 0 ^{bcd}	1,763. 3 ^{ab}	1,733. 3 ^a	1,789. 3 ^{abc}	1,816. 4 ^{abc}	1,984. 1 ^d	1,799. 8 ^{abc}	1,849. 0 ^{abcd}	1,927. 9 ^{cd}	1,918. 9 ^{bcd}	13.661	0.001
Week 64	1,862.4	1,969.2	1,927.4	1,909.5	1,958.7	1,942.8	1,944.5	2,066.4	2,184.9	1,925.9	1,901.7	2,081.3	1,960.0	24.218	0.276
Week 18-64	1,617. 0 ^a	1,706. 7 ^{abc}	1,668. 1 ^{ab}	1,749. 1 ^{abc}	1,674. 4 ^{ab}	1,648. 0 ^{ab}	1,636. 6 ^a	1,701. 9 ^{abc}	1,833. 3 ^c	1,633. 5 ^a	1,675. 1 ^{ab}	1,798. 7 ^{bc}	1,735. 1 ^{abc}	13.365	0.031

^{a-d} Values in a row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

¹ C, D: Korean Rhode Island; F, K: Korean Leghorn; Y: Korean domestic chicken.

² SEM, standard error of the means.

Table 4. Comparison of viability between crossbred Korean native chickens and Hy-Line Brown from weeks 18 to 64

Treatment ¹	Viability (%)												Hy-Line Brown
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCKK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC	
Week 18	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Week 20	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Week 24	92	100	96	100	100	96	94	96	100	95	95	100	100
Week 28	88	95	92	100	95	87	88	87	93	91	86	100	100
Week 32	88	95	92	100	95	87	88	78	89	91	77	94	100
Week 36	88	95	92	100	95	83	88	78	89	91	77	94	100
Week 40	88	91	92	100	95	83	88	74	86	91	77	94	100
Week 44	88	91	88	100	95	83	88	74	86	91	73	94	97
Week 48	84	91	88	100	95	74	88	74	86	91	73	94	97
Week 52	84	91	88	57	95	61	88	74	86	91	64	94	97
Week 56	84	77	88	57	95	61	88	74	86	91	64	94	97
Week 60	84	77	88	57	95	61	88	74	86	86	64	94	95
Week 64	84	77	88	57	95	61	88	74	86	82	64	94	95

¹ C, D: Korean Rhode Island; F, K: Korean Leghorn; Y: Korean domestic chicken.

Table 5. Comparison of age of first egg laying and age of 50% egg production between crossbred Korean native chickens and Hy-Line Brown

Items	Treatments ¹													Hy-Line Brown
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCKK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC		
Age of first egg laying (days)	132	127	141	134	134	135	136	133	136	145	135	140	123	
Age of 50% egg production (days) ²	154	147	148	147	154	148	140	148	151	140	151	147	128	

¹ C, D: Korean Rhode Island; F, K: Korean Leghorn; Y: Korean domestic chicken.

² Value observed for 2 consecutive days.

에 비해 18여 일 정도 빠르며 이는 교잡에 의한 잡종강세 현상으로 산란능력이 개량되었다고 판단된다.

20주령부터 검정 종료일인 64주령까지 전체 조합과 Hy-Line Brown의 일계산란율(Hen-day egg production)은 Fig. 1에 나타냈다. 조합별 평균 피크 산란율은 96%를 상회하는 것으로 나타났으며 이는 이들 중계의 평균 피크 산란율인 80.45% 보다 높은 산란율을 보여준다(Hong et al., 2022). YCYD 조합을 제외한 모든 조합에서 피크산란율이 90% 이상의 산란율을 나타냈다. 그 중 CKYD, YCCF, YCYD 조합들은 24주령에 각 96%, 100%, 87%로 산란 피크에 가장 빨리 도달했다. 초산일령 이후부터 32주령까지는 CFYC, CFYD, YCYD 조합을 제외한 모든 조합에서 80% 이상의 산란율을 보여주었다. 40주령까지는 YDCF, CKYC, CKCF 조합만이 80% 이상의 산란율을 나타냈다. 40주부터 64주령까지는 50-70% 사이의 급격한

산란의 저하가 나타나는 양상을 보인다. 그 중에서 YDCF 조합만이 52주령까지 80% 이상의 우수한 산란성적을 보이며 60주령까지 70% 이상의 산란율을 보이며 조합들 중 가장 긴 산란지속성을 나타내었다. 따라서, 산란능력을 기준으로 보았을 때 YDCF 조합이 토종 실용 산란계 후보로서의 개발 가능성에 가장 근접하다고 판단된다.

4. 계란 품질

난중, 난각색, 난각 두께, 난황색, 난각 강도는 4주 간격으로 산란계 24주령부터 64주령까지 측정하였고, 분석 결과는 Table 6에 나타내었다. 난중의 경우 28주령에 CKCF 조합만이 60.54 g으로 Hy-Line Brown(61.03 g)과 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 32주령에는 CKCF, YCCF, YCKK, YDCF, YDCK 조합이 Hy-Line Brown과 유의적인 차이가 나타나지

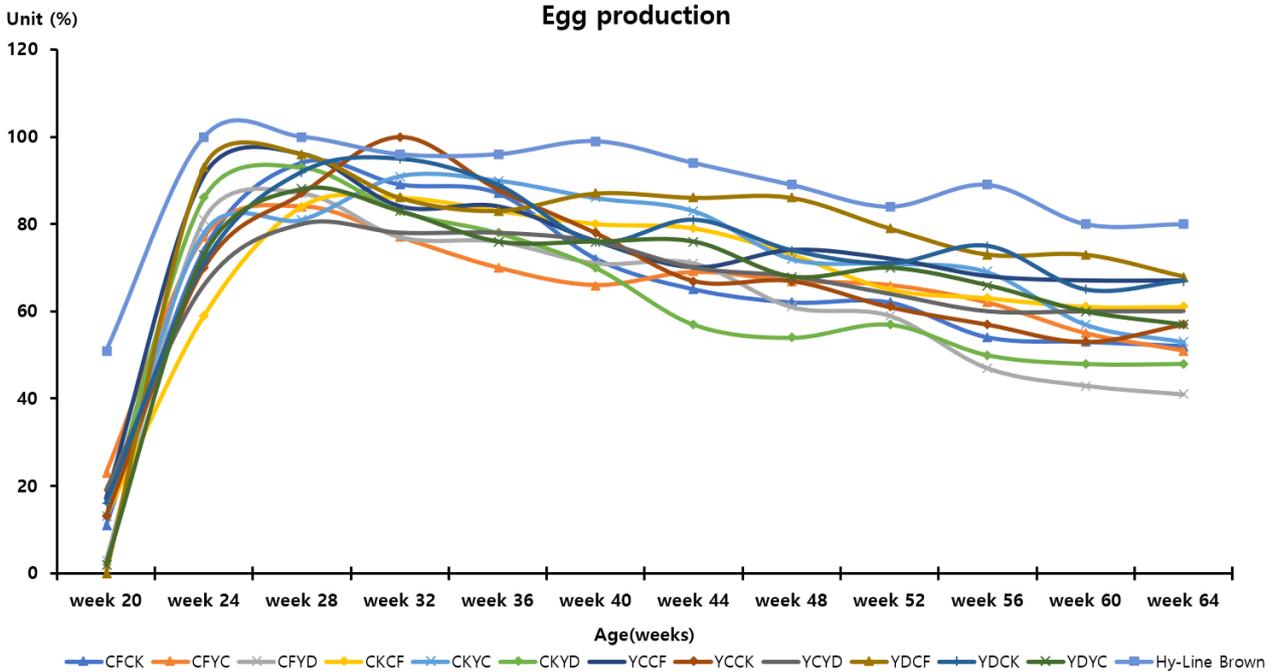


Fig. 1. Comparison of egg production between crossbred Korean native chickens and Hy-Line Brown from 20 to 64-week after hatching.

않았다($P>0.05$). 36주령에는 YCYD 조합만이 Hy-Line Brown과 유의적인 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$) 40주령과 44주령에는 CKCF조합이 Hy-Line Brown과 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 52주령에는 CKCF, CKYD, YCCF 조합이 Hy-Line Brown과 유의적인 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$) 56주령에는 CFCK, CKCF, YCCF 조합이 Hy-Line Brown과 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 종합하자면 CKCF와 YCCF가 난중이 높은 경향을 나타냈는데 이는 각 조합에 CF, CK 계통이 교잡에 이용되었기 때문이라고 사료된다. Sohn et al.(2023)에 따르면 교배조합 중 토착 Rhode종과 토착 Leghorn종 간의 교잡 자손들의 계란이 한국 재래종과의 교잡 자손들의 계란보다 훨씬 무거웠다는 결과와 일치하고, 이는 CK, CF 조합의 특정결합능력이 양호해 모계통으로 설정하였을 때 유전적 개량으로 인해 우수한 난중을 나타내는 것이라고 사료된다. 난각색의 경우 24주령부터 64주령까지 32주령과 64주령을 제외한 모든 토종닭 교배조합과 Hy-Line Brown 사이에 유의적으로 높은($P<0.001$) 난각색의 수치를 나타내었다. 40주령의 경우 CKCF 조합은 48.70으로 Hy-Line Brown과 비교했을 때 밝은($P<0.001$) 백색 계열의 색도를 보인 반면, YCYD 및 YDYC 조합은 각 34.10, 38.50으로 짙은 갈색 형태를 보이며 CKCF 조합과 유의적인 차이가 나타났다($P<0.001$). Kim et al.(2021)에 따르면 CF, CK 조합이 다른 조합에 비해

유의적으로 밝게 나타났는데 난각색의 유전력은 0.50–0.65의 범위로서 고도의 유전력을 갖고 있기에 이는 화이트레그혼 품종인 (F, K)를 모계통으로 설정하여 본래의 유전적인 영향으로 난각색이 밝게 나타났다고 판단된다. 난각 두께의 경우 계란 품질에서 중요하게 다뤄지며, 병원성 세균의 침투에 대한 보호와 계란 손상 감소를 위해 필수적으로 고려해야 할 요소이다 (Ketta and Tůmová, 2016). 24주령부터 40주령까지 모든 토종닭 교배조합들과 Hy-Line Brown간에 비교를 하였을 때 이면 교배된 조합들이 유의적으로 낮게 나타났으며($P<0.001$), 48주령에는 CKYC, YCCF, YDCF 조합이 Hy-Line Brown과 비교했을 때는 유의적인 변이를 발견하지 못했다($P>0.05$). 60주령에는 YCCK조합이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 더 두꺼운 난각 두께를 나타냈다($P<0.001$). 본 실험에서는 YCCF 조합의 난각 두께 평균은 0.300 mm로 토종닭 교배 조합 중 난각 두께가 두꺼운 경향을 나타내었으나 Shin et al.(2023)에서 나타난 YDCF조합의 난각 두께 평균인 0.341 mm에 비해 13.6% 얇은 난각두께를 나타냈다. Sohn et al.(2023)에 따르면 12주령 이후 육성 후기 체중과 산란 후기 난중 사이에서 높은 정의 상관관계가 보고되었다. 본 연구의 육성기 체중을 살펴보면(Seo et al., 2023) YDCF 조합의 12주령 체중은 933.3g으로 Hy-Line Brown보다 23.36% 낮은 체중을 보였으며 정상적인 체중에 도달하지 못한 것으로 판단된다.

Table 6. Comparison of egg quality between crossbred Korean native chickens and Hy-Line Brown from 24 to 64 weeks after hatching¹

Period	Treatments ²												Hy-Line brown	SEM ³	P-value
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCCK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC			
Egg weight (g)															
Week 24	51.19 ^a	52.86 ^{ab}	53.98 ^{ab}	52.96 ^{ab}	51.34 ^a	51.34 ^a	54.89 ^{ab}	54.99 ^{ab}	54.53 ^{ab}	53.34 ^{ab}	57.38 ^b	56.76 ^b	53.67 ^{ab}	0.275	< 0.001
Week 28	53.91 ^{abc}	51.72 ^a	52.59 ^{ab}	60.54 ^d	54.11 ^{abc}	52.67 ^{ab}	56.10 ^c	54.04 ^{abc}	54.72 ^{abc}	54.21 ^{abc}	55.31 ^{bc}	52.06 ^{ab}	61.03 ^d	0.189	< 0.001
Week 32	55.71 ^a	56.06 ^a	56.01 ^a	63.99 ^b	55.77 ^a	56.23 ^a	59.15 ^{ab}	58.09 ^{ab}	56.31 ^a	59.72 ^{ab}	57.66 ^{ab}	55.63 ^a	64.33 ^b	0.384	< 0.001
Week 36	55.94 ^a	58.27 ^{abc}	59.97 ^{bc}	57.40 ^{ab}	55.93 ^a	55.30 ^a	57.59 ^{ab}	55.24 ^a	61.26 ^{cd}	58.39 ^{abc}	56.31 ^a	58.47 ^{abc}	63.56 ^d	0.187	< 0.001
Week 40	57.25 ^{abc}	56.59 ^{abc}	59.2 ^{abc}	66.20 ^{de}	60.15 ^{bc}	57.87 ^{abc}	61.78 ^{cd}	57.72 ^{abc}	55.47 ^{ab}	57.95 ^{abc}	55.84 ^{ab}	53.78 ^a	67.63 ^e	0.332	< 0.001
Week 44	55.73 ^b	56.75 ^b	57.01 ^b	63.17 ^{cd}	58.32 ^{bc}	57.62 ^{bc}	58.31 ^{bc}	55.09 ^{ab}	55.66 ^b	58.26 ^{bc}	54.57 ^{ab}	49.53 ^a	64.38 ^d	0.334	< 0.001
Week 48	57.44 ^{abc}	59.82 ^{cd}	58.40 ^{bc}	57.88 ^{abc}	55.91 ^{ab}	57.82 ^{abc}	58.53 ^{bc}	57.19 ^{abc}	62.10 ^{de}	55.04 ^a	58.64 ^{bc}	59.41 ^{cd}	64.18 ^e	0.177	< 0.001
Week 52	57.53 ^a	57.02 ^a	57.79 ^a	62.33 ^{ab}	57.08 ^a	60.67 ^{ab}	59.36 ^{ab}	58.02 ^a	57.70 ^a	56.96 ^a	56.79 ^a	55.70 ^a	65.00 ^b	0.388	0.001
Week 56	57.90 ^{abc}	56.74 ^{ab}	54.61 ^{ab}	59.44 ^{bc}	55.07 ^{ab}	54.69 ^{ab}	57.78 ^{abc}	54.84 ^{ab}	54.02 ^{ab}	53.96 ^{ab}	53.21 ^a	53.60 ^{ab}	63.43 ^c	0.337	< 0.001
Week 60	60.03	55.9	57.83	61.56	56.8	71.06	58.3	59.36	57.2	55.43	55.33	54.26	64.17	1.354	0.582
Week 64	59.15 ^{ab}	62.88 ^{bc}	59.8 ^{ab}	52.59 ^a	53.51 ^a	58.03 ^{ab}	58.75 ^{ab}	59.29 ^{ab}	68.54 ^c	51.82 ^a	62.73 ^{bc}	69.30 ^c	63.98 ^{bc}	0.493	< 0.001
Week 24–28	52.55 ^{ab}	52.29 ^{ab}	53.29 ^{abc}	56.76 ^{de}	52.73 ^{ab}	52.01 ^a	55.5 ^{cde}	54.52 ^{abcd}	54.63 ^{bcd}	53.78 ^{abc}	56.35 ^{de}	54.41 ^{abcd}	57.36 ^e	0.144	< 0.001
Week 32–64	57.41 ^{ab}	57.78 ^{ab}	57.85 ^{ab}	60.51 ^{bc}	56.51 ^{ab}	58.81 ^{ab}	58.84 ^{ab}	57.21 ^{ab}	58.70 ^{ab}	56.40 ^a	56.79 ^{ab}	56.63 ^{ab}	64.52 ^c	0.232	< 0.001
Week 24–64	56.53 ^{ab}	56.79 ^{ab}	57.02 ^{ab}	59.83 ^{bc}	55.82 ^a	57.58 ^{ab}	58.24 ^{ab}	56.72 ^{ab}	57.96 ^{ab}	55.92 ^a	56.71 ^{ab}	56.23 ^a	63.22 ^c	0.195	< 0.001
Eggshell color															
Week 24	37.17 ^b	52.83 ^f	48.63 ^{def}	41.93 ^{bc}	47.73 ^{def}	46.27 ^{cde}	48.63 ^{def}	51.40 ^{ef}	47.17 ^{de}	47.57 ^{de}	48.63 ^{def}	43.57 ^{cd}	25.83 ^a	0.295	< 0.001
Week 28	54.70 ^e	54.00 ^e	49.70 ^{de}	54.37 ^e	52.57 ^{de}	51.33 ^{de}	49.13 ^{de}	54.77 ^e	39.93 ^b	46.47 ^{cd}	49.70 ^{de}	41.73 ^{bc}	23.23 ^a	0.361	< 0.001
Week 32	52.77 ^{bc}	51.53 ^{bc}	47.83 ^{abc}	50.83 ^{bc}	46.53 ^{abc}	49.40 ^{bc}	47.37 ^{abc}	52.13 ^{bc}	36.53 ^{ab}	43.63 ^{abc}	62.37 ^c	37.6 ^{abc}	23.50 ^a	0.374	0.001
Week 36	34.07 ^b	45.23 ^d	45.93 ^d	36.27 ^{bc}	49.60 ^d	40.97 ^{bcd}	42.90 ^{bcd}	46.00 ^d	43.53 ^{cd}	44.87 ^{cd}	44.20 ^{cd}	44.43 ^{cd}	23.57 ^a	0.51	< 0.001
Week 40	41.40 ^{cd}	44.50 ^{cde}	43.27 ^{cde}	48.70 ^c	44.67 ^{cde}	46.53 ^{de}	45.00 ^{de}	47.40 ^{de}	34.10 ^b	42.63 ^{cde}	44.73 ^{cde}	38.50 ^{bc}	22.30 ^a	0.369	< 0.001
Week 44	41.73 ^{cde}	41.67 ^{cde}	42.10 ^{cde}	48.17 ^c	44.37 ^{de}	40.70 ^{bcd}	42.03 ^{cde}	45.23 ^{de}	34.20 ^b	42.03 ^{cde}	44.37 ^{de}	36.17 ^{bc}	22.63 ^a	0.403	< 0.001
Week 48	32.17 ^b	42.60 ^c	40.60 ^c	36.73 ^{bc}	36.37 ^{bc}	40.23 ^c	38.70 ^{bc}	42.90 ^c	37.53 ^{bc}	37.60 ^{bc}	36.47 ^{bc}	37.47 ^{bc}	22.40 ^a	0.452	< 0.001
Week 52	41.70 ^{bcd}	44.53 ^{cd}	44.87 ^d	44.30 ^{cd}	42.67 ^{bcd}	44.77 ^d	41.97 ^{bcd}	45.10 ^d	36.90 ^b	42.13 ^{bcd}	46.70 ^d	37.33 ^{bc}	22.00 ^a	0.414	< 0.001
Week 56	36.37 ^{bcd}	33.40 ^{bc}	37.93 ^{bcd}	35.70 ^{bcd}	39.70 ^d	38.30 ^{cd}	38.20 ^{bcd}	38.73 ^{cd}	33.10 ^{bc}	33.67 ^{bc}	37.23 ^{bcd}	32.23 ^b	15.37 ^a	0.342	< 0.001

Table 6. Continued

Period	Treatments ²												Hy-Line brown	SEM ³	P-value
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCCK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC			
Week 60	42.00 ^{bcd}	41.03 ^{bc}	49.37 ^d	42.67 ^{bcd}	44.57 ^{bcd}	44.20 ^{bcd}	38.63 ^{bc}	39.40 ^{bc}	40.87 ^{bc}	46.20 ^{cd}	44.97 ^{bcd}	37.23 ^b	21.07 ^a	0.447	<0.001
Week 64	28.67 ^{ab}	37.73 ^b	38.27 ^b	40.53 ^b	38.87 ^b	37.83 ^b	37.37 ^b	40.70 ^b	34.70 ^b	37.47 ^b	30.80 ^{ab}	32.90 ^{ab}	20.70 ^a	0.735	<0.001
Week 24-28	45.93 ^{bc}	53.41 ^c	49.16 ^{cde}	48.15 ^c	50.15 ^{cde}	48.8 ^{cd}	48.88 ^{cde}	53.08 ^{de}	43.55 ^b	47.01 ^{bc}	49.16 ^{cde}	42.65 ^b	24.53 ^a	0.261	<0.001
Week 32-64	38.98 ^{bc}	42.47 ^{cd}	43.35 ^d	42.66 ^{cd}	43.03 ^d	42.55 ^{cd}	41.35 ^{cd}	44.18 ^d	36.83 ^b	41.14 ^{cd}	43.54 ^d	37.1 ^b	21.5 ^a	0.218	<0.001
Week 24-64	40.24 ^{bc}	44.46 ^{de}	44.4 ^{de}	43.65 ^{de}	44.33 ^{de}	43.68 ^{de}	42.72 ^{cde}	45.79 ^{de}	38.05 ^b	42.2 ^{cd}	44.56 ^{de}	38.1 ^b	22.05 ^a	0.193	<0.001
Eggshell thickness (mm)															
Week 24	0.32 ^{abc}	0.32 ^{abc}	0.32 ^{abc}	0.32 ^{ab}	0.31 ^a	0.32 ^{abc}	0.34 ^{bc}	0.32 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.34 ^c	0.31 ^{ab}	0.32 ^{abc}	0.36 ^d	0.001	<0.001
Week 28	0.33 ^{ab}	0.31 ^a	0.32 ^{ab}	0.35 ^b	0.31 ^a	0.30 ^a	0.33 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.30 ^a	0.30 ^a	0.30 ^a	0.39 ^c	0.002	<0.001
Week 32	0.32 ^{bc}	0.30 ^{abc}	0.30 ^{ab}	0.33 ^c	0.32 ^{abc}	0.31 ^{abc}	0.31 ^{abc}	0.30 ^{abc}	0.32 ^{abc}	0.31 ^{abc}	0.32 ^{abc}	0.29 ^a	0.37 ^d	0.001	<0.001
Week 36	0.29 ^a	0.28 ^a	0.29 ^a	0.28 ^a	0.29 ^a	0.28 ^a	0.31 ^a	0.29 ^a	0.30 ^a	0.30 ^a	0.29 ^a	0.30 ^a	0.35 ^b	0.001	<0.001
Week 40	0.24 ^{ab}	0.25 ^{ab}	0.23 ^a	0.27 ^b	0.24 ^{ab}	0.23 ^a	0.27 ^b	0.24 ^{ab}	0.23 ^a	0.24 ^{ab}	0.23 ^a	0.22 ^a	0.30 ^c	0.002	<0.001
Week 44	0.24 ^a	0.21 ^a	0.25 ^a	0.22 ^a	0.26 ^{ab}	0.24 ^a	0.24 ^a	0.23 ^a	0.22 ^a	0.23 ^a	0.37 ^b	0.23 ^a	0.30 ^{ab}	0.007	0.001
Week 48	0.29 ^{ab}	0.28 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.28 ^{ab}	0.31 ^{bc}	0.29 ^{ab}	0.31 ^{bc}	0.29 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.31 ^{bc}	0.27 ^a	0.30 ^{ab}	0.33 ^c	0.002	<0.001
Week 52	0.29 ^c	0.28 ^{abc}	0.28 ^{ab}	0.30 ^c	0.29 ^{abc}	0.28 ^a	0.29 ^{bc}	0.29 ^{abc}	0.29 ^{abc}	0.29 ^{abc}	0.28 ^{ab}	0.28 ^{ab}	0.33 ^d	0.001	<0.001
Week 56	0.31 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.31 ^{ab}	0.31 ^b	0.30 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.30 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.28 ^a	0.29 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.36 ^c	0.002	<0.001
Week 60	0.32 ^{bc}	0.30 ^{abc}	0.29 ^{ab}	0.31 ^{abc}	0.30 ^{abc}	0.28 ^a	0.30 ^{abc}	0.33 ^c	0.30 ^{abc}	0.31 ^{abc}	0.29 ^{ab}	0.30 ^{abc}	0.29 ^{ab}	0.002	0.001
Week 64	0.31 ^{de}	0.29 ^{abcd}	0.29 ^{abcd}	0.30 ^{cde}	0.29 ^{abcd}	0.28 ^a	0.30 ^{abcd}	0.31 ^{bcd}	0.29 ^{abc}	0.30 ^{abcd}	0.28 ^{ab}	0.29 ^{abc}	0.33 ^e	0.001	<0.001
Week 24-28	0.32 ^{ab}	0.31 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.33 ^b	0.31 ^a	0.31 ^{ab}	0.33 ^b	0.32 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.32 ^{ab}	0.31 ^a	0.308 ^a	0.37 ^c	0.002	<0.001
Week 32-64	0.29 ^b	0.28 ^{ab}	0.28 ^{ab}	0.29 ^a	0.29 ^{ab}	0.28 ^a	0.29 ^b	0.28 ^{ab}	0.28 ^{ab}	0.29 ^{ab}	0.29 ^a	0.28 ^{ab}	0.33 ^c	0.001	<0.001
Week 24-64	0.30 ^c	0.28 ^{abc}	0.29 ^{abc}	0.30 ^a	0.29 ^{abc}	0.28 ^a	0.30 ^c	0.29 ^{abc}	0.29 ^{abc}	0.29 ^a	0.29 ^{abc}	0.28 ^{ab}	0.34 ^d	0.001	<0.001
Yolk color															
Week 24	6.83 ^{ab}	7.07 ^{ab}	7.03 ^{ab}	6.83 ^{ab}	7.20 ^b	7.10 ^{ab}	6.67 ^a	6.93 ^{ab}	6.97 ^{ab}	7.03 ^{ab}	6.80 ^{ab}	6.87 ^{ab}	7.00 ^{ab}	0.026	0.016
Week 28	7.60	7.83	7.33	7.53	7.70	7.66	7.70	7.86	7.56	7.60	7.80	7.53	7.96	0.065	0.897
Week 32	7.40 ^{abc}	7.60 ^{abcd}	7.40 ^{abc}	7.20 ^a	7.47 ^{abcd}	7.40 ^{abc}	7.87 ^{cd}	7.40 ^{abc}	7.70 ^{bcd}	7.53 ^{abcd}	7.77 ^{cd}	7.90 ^d	7.23 ^{ab}	0.041	0.014
Week 36	6.93	6.90	7.03	7.10	6.83	6.96	7.00	7.03	6.93	6.83	6.93	6.76	7.00	0.020	0.101

Table 6. Continued

Period	Treatments ²												Hy-Line brown	SEM ³	P-value
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCCK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC			
Week 40	7.37 ^b	7.33 ^b	7.23 ^{ab}	7.37 ^b	7.27 ^{ab}	7.00 ^{ab}	7.30 ^b	7.03 ^{ab}	7.33 ^b	7.20 ^{ab}	7.17 ^{ab}	6.27 ^a	7.43 ^b	0.204	0.302
Week 44	7.27 ^{abcd}	7.03 ^{abcd}	7.70 ^{cd}	7.57 ^{bcd}	7.47 ^{bcd}	6.80 ^{abc}	7.43 ^{abcd}	7.37 ^{abcd}	7.90 ^d	7.40 ^{abcd}	6.63 ^{ab}	6.50 ^a	7.60 ^{cd}	0.054	<0.001
Week 48	6.66	6.86	6.56	6.83	6.60	6.63	6.63	6.73	6.53	6.43	6.56	6.46	6.66	0.041	0.699
Week 52	6.90	6.93	6.90	6.73	7.13	6.60	6.96	6.96	6.90	6.86	6.83	6.70	7.00	0.031	0.121
Week 56	7.50	7.56	7.33	6.76	6.76	6.96	7.83	7.56	7.00	7.73	6.60	7.30	8.20	0.100	0.075
Week 60	7.27 ^{ab}	7.43 ^{ab}	6.97 ^a	6.93 ^a	8.17 ^b	7.27 ^{ab}	7.17 ^{ab}	7.63 ^{ab}	7.83 ^{ab}	7.40 ^{ab}	7.93 ^{ab}	7.83 ^{ab}	7.47 ^{ab}	0.059	0.001
Week 64	6.40	6.96	5.86	6.36	6.06	6.80	6.23	6.60	5.70	5.96	6.86	6.76	6.00	0.099	0.200
Week 24–28	7.22	7.45	7.18	7.18	7.45	7.83	7.18	7.4	7.27	7.32	7.30	7.20	7.48	0.034	0.598
Week 32–64	7.08	7.18	7.00	6.98	7.37	6.94	7.16	7.15	7.09	7.04	7.03	6.94	7.18	0.034	0.501
Week 24–64	7.1	7.23	7.03	7.02	7.39	7.01	7.16	7.19	7.12	7.09	7.08	6.99	7.23	0.027	0.232
Eggshell strength (g)															
Week 24	4,742.23 ^{bc}	4,618.68 ^{abc}	4,370.22 ^{abc}	4,271.21 ^{ab}	4,555.78 ^{abc}	4,218.32 ^a	4,454.00 ^{abc}	4,426.92 ^{abc}	4,201.88 ^a	4,630.39 ^{abc}	4,143.69 ^a	4,794.39 ^c	5,682.55 ^d	28.257	<0.001
Week 28	4,643.33 ^a	4,464.12 ^a	4,341.01 ^a	4,463.67 ^a	4,541.43 ^a	4,371.07 ^a	4,534.26 ^a	4,506.36 ^a	4,345.50 ^a	4,516.15 ^a	4,323.43 ^a	4,534.92 ^a	5,780.72 ^b	25.836	<0.001
Week 32	4,544.43 ^a	4,309.54 ^a	4,311.80 ^a	4,656.12 ^a	4,527.08 ^a	4,523.81 ^a	4,614.52 ^a	4,585.79 ^a	4,489.11 ^a	4,401.91 ^a	4,503.16 ^a	4,275.45 ^a	5,878.88 ^b	45.483	<0.001
Week 36	4,026.00 ^a	3,970.38 ^a	4,062.08 ^a	3,952.52 ^a	4,301.12 ^a	3,826.52 ^a	3,973.15 ^a	3,944.00 ^a	4,200.36 ^a	4,093.69 ^a	3,771.42 ^a	4,186.64 ^a	5,611.31 ^b	31.173	<0.001
Week 40	3,791.7 ^a	3,451.91 ^a	3,824.23 ^a	4,137.67 ^a	3,800.71 ^a	3,757.72 ^a	3,747.61 ^a	3,974.41 ^a	3,846.38 ^a	3,727.38 ^a	3,655.66 ^a	3,566.53 ^a	5,130.76 ^b	48.385	<0.001
Week 44	4,526.65 ^a	4,479.55 ^a	4,242.19 ^a	4,384.88 ^a	4,309.40 ^a	4,291.50 ^a	4,376.32 ^a	4,400.87 ^a	4,340.34 ^a	4,445.71 ^a	4,313.75 ^a	4,370.62 ^a	5,761.32 ^b	36.444	<0.001
Week 48	4,468.42 ^a	4,464.10 ^a	4,232.69 ^a	4,444.49 ^a	4,339.04 ^a	4,256.71 ^a	4,391.93 ^a	4,304.73 ^a	4,312.87 ^a	4,389.83 ^a	4,372.23 ^a	4,280.91 ^a	5,737.98 ^b	22.389	<0.001
Week 52	4,144.41 ^a	4,116.02 ^a	4,017.18 ^a	4,215.60 ^a	4,154.67 ^a	3,931.77 ^a	3,991.31 ^a	4,074.28 ^a	4,087.14 ^a	4,007.14 ^a	3,999.66 ^a	4,022.32 ^a	5,498.75 ^b	38.339	<0.001
Week 56	3,521.55 ^a	3,739.07 ^{ab}	4,141.19 ^{ab}	3,896.31 ^{ab}	4,296.57 ^b	3,652.91 ^{ab}	3,822.31 ^{ab}	3,895.22 ^{ab}	3,704.24 ^{ab}	3,512.24 ^a	4,001.39 ^{ab}	3,790.55 ^{ab}	4,314.62 ^b	38.919	0.001
Week 60	3,877.91 ^{ab}	3,464.32 ^{ab}	3,810.24 ^{ab}	3,682.98 ^{ab}	4,095.53 ^b	3,751.46 ^{ab}	4,070.36 ^b	3,212.38 ^a	3,800.83 ^{ab}	3,611.13 ^{ab}	3,745.39 ^{ab}	3,528.41 ^{ab}	5,100.50 ^c	47.864	<0.001
Week 64	3,103.58 ^a	2,655.36 ^a	2,398.47 ^a	3,797.38 ^{ab}	3,316.25 ^{ab}	3,181.29 ^{ab}	2,723.72 ^a	2,664.42 ^a	2,516.80 ^a	2,787.79 ^a	2,743.31 ^a	3,745.63 ^{ab}	4,739.58 ^b	91.664	<0.001
Week 24–28	4,692.78 ^a	4,541.40 ^a	4,355.62 ^a	4,367.44 ^a	4,548.60 ^a	4,294.70 ^a	4,494.13 ^a	4,466.64 ^a	4,273.69 ^a	4,573.27 ^a	4,233.56 ^a	4,664.66 ^a	5,731.64 ^b	23.27	<0.001

Table 6. Continued

Period	Treatments ²												Hy-Line brown	SEM ³	P-value
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCCK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC			
Week 32-64	4,000. 52 ^a	3,850. 03 ^a	3,893. 34 ^a	4,129. 78 ^a	4,126. 71 ^a	3,908. 19 ^a	3,967. 92 ^a	3,895. 13 ^a	3,922. 01 ^a	3,886. 32 ^a	3,900. 67 ^a	3,974. 12 ^a	5,308. 19 ^b	19.307	<0.001
Week 24-64	4,126. 39 ^a	3,975. 74 ^a	3,977. 40 ^a	4,172. 99 ^a	4,203. 42 ^a	3,978. 47 ^a	4,063. 59 ^a	3,999. 04 ^a	3,985. 95 ^a	4,011. 22 ^a	3,961. 19 ^a	4,099. 67 ^a	5,385. 18 ^b	16.795	<0.001

^{a-f} Values in a row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

¹ Results are mean with 6 replicates per strain.

² C, D: Korean Rhode Island; F, K: Korean Leghorn; Y: Korean domestic chicken.

³ SEM, standard error of the means.

더불어 본 연구에서 YDCF 조합은 44주령 이후 난중의 감소를 보였으며 난중과 난각두께는 정의 상관관계가 있기에(Kim et al., 2020) 얇은 난각두께를 나타내었다고 판단된다. 난황색의 경우 24-64주령 전체 기간에서 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 그러나 Y계통이 들어간 조합에서 진한 난황색을 나타내는 경향을 보였는데 특히, 32주령에 YCCF, YDCK, YDYC 조합이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 높은 수치를 나타내었다($P<0.05$). 난황색에 영향을 미치는 이유는 종 다양성, 일령, 사료성분 3가지로 나뉘며(Hartmann et al., 2003), Kim et al.(2021)에서 CK, YC, YD 조합의 난황색이 다른 조합들에 비해 유의적으로 짙은 난황색을 나타내었다($P<0.05$). 따라서 이는 조합들의 유전적 개량으로 인해 짙은 난황색을 나타낸 것으로 사료된다. 난각 강도는 계란의 파란여부를 결정하는 중요한 요소이기 때문에 경제성을 좌우하는 중요한 요소 중 하나이다(Lim et al., 2023). 24주령부터 52주령까지 Hy-Line Brown과 조합들 간에 비교했을 때 토종닭 교배조합들이 유의적으로 낮은 수치를 보였다($P<0.05$). Sun et al.(2012)에 따르면 상업용 계란의 평균 난각 강도는 3.603 ± 0.776 kg로 보고되었으며 본 실험에 토종닭 교배조합들의 24-64주령때의 난각 강도 평균은 4.046 kg으로 상품성에 영향을 미치지 않는 수준이라고 판단된다. 56주령에서 YDCF와 CFCK를 제외한 모든 조합과 Hy-Line Brown 간에 유의적인 차이가 나타나지 않았으며($P>0.05$), 64주령에는 CKCF, CKYC, CKYD, 그리고 YDYC 조합이 Hy-Line Brown과 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.05$). 따라서, 조합들 중 CKYC 조합이 난각 강도가 강한 경향을 나타내었다. 난각 두께와 난각 강도는 양의 상관관계를 나타낸다고 보고되었지만(Kim et al., 2020) 본 실험에서는 난각 두께에서 CKYC 조합이 다른 조합들에 비해 뚜렷한 강점이 나타나지 않았다. 이에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다고 사료된다.

5. 난형분석

64주령에 난형분석을 실시하였고 이들의 결과는 Table 7에 나타났다. 계란의 단축은 CFYC, YDCF 조합이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 짧게 나타났고($P<0.001$), 장축에서 CKCF 조합은 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 길게 나타났다($P<0.001$). Chun et al.(2023)에 따르면 4원교잡종의 난형지수는 Hy-Line Brown보다 길쭉한 모양을 보고하였다. 이러한 모양은 포장 단계나 컨베이어 벨트에서 외부 충격에 의해 깨지기 쉽다는 점을 나타내며(Duman et al., 2016), 추후 난형지수에 대하여 토종닭을 위한 추가적인 고려가 필요하다고 사료된다. 난중의 경우 CFCK, CFYD, CKYC, YDYC를 제외한 모든 조합들이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.001$). 난각 무게에서 YDYC를 제외한 모든 조합에서 Hy-Line Brown보다 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.001$). 난각 무게와 난각 두께는 정의 상관관계를 가지는데(Kim et al., 2020) Table 6에서 64주령때 난각 두께를 살펴보면 CFCK, CKCF를 제외한 모든 조합이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 낮게 나왔기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 판단된다. 난백 무게에서 YCCF 조합만이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 높은($P<0.001$) 수치를 나타냈다. 난황 무게는 Hy-Line Brown보다 유의적으로 높은 무게를 나타낸 CFCK, CFYD, CKYC, YCYD, YDYC 조합들의 평균이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 21.18% 더 무겁게 나타났다($P<0.05$). 이러한 결과는 Hy-Line Brown과 비교했을 때 4원교배종 토종닭의 난황 무게 증가를 보고한 Chun et al.(2023)의 결과와 비슷하며, 토종닭이 상업용 산란계와 비교했을 때 난황 무게가 6.07% 더 많고 난백 무게가 5.38% 작다는 연구결과(Suk and Park, 2001)와 동일하다. 난각 비율은 YDCF 조합이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 낮게 나타났다($P<0.001$). 난각 무게와 난각 무게 비율은 정의 상관관계를 나타내기(Kim et al., 2020) 이러한 결

Table 7. Comparison of egg shape between crossbred Korean native chickens and Hy-Line Brown at 64 weeks¹

Items	Treatments ²													SEM ³	P-value
	CFCK	CFYC	CFYD	CKCF	CKYC	CKYD	YCCF	YCCK	YCYD	YDCF	YDCK	YDYC	Hy-Line Brown		
Egg width (mm)	43.91 ^b	38.02 ^a	44.27 ^{bc}	46.53 ^{cd}	43.89 ^b	43.62 ^b	43.34 ^b	43.29 ^b	43.63 ^b	38.07 ^a	43.70 ^b	46.96 ^d	45.21 ^{bcd}	0.149	<0.001
Egg length (mm)	58.06 ^b	51.57 ^a	58.64 ^b	61.82 ^c	59.18 ^{bc}	57.21 ^b	58.05 ^b	57.24 ^b	57.70 ^b	51.65 ^a	56.74 ^b	58.10 ^b	58.06 ^b	0.173	<0.001
Egg shape index (%)	75.71	73.92	75.66	75.45	74.23	76.38	74.74	75.80	75.74	73.89	77.23	78.38	77.95	0.392	0.437
Egg weight (g)	59.94 ^{abc}	55.70 ^{ab}	59.82 ^{abc}	58.42 ^{ab}	60.98 ^{abc}	56.82 ^{ab}	58.45 ^{ab}	56.02 ^{ab}	55.46 ^a	56.76 ^{ab}	56.98 ^{ab}	61.49 ^{bc}	64.87 ^c	0.34	<0.001
Eggshell weight (g)	7.12 ^{abc}	6.50 ^{ab}	7.00 ^{abc}	7.22 ^{bcd}	7.41 ^{cd}	7.00 ^{abc}	7.29 ^{bcd}	6.92 ^{abc}	6.71 ^{abc}	6.29 ^a	6.56 ^{abc}	8.04 ^{de}	8.35 ^e	0.051	<0.001
Albumen weight (g)	30.20 ^a	27.80 ^a	31.05 ^a	30.62 ^a	31.30 ^a	29.86 ^a	38.06 ^b	30.85 ^a	29.81 ^a	28.94 ^a	29.43 ^a	29.04 ^a	31.66 ^a	0.232	<0.001
Yolk weight (g)	21.63 ^{bc}	18.88 ^{ab}	20.78 ^{bc}	19.6 ^{abc}	20.54 ^{bc}	19.09 ^{abc}	19.52 ^{abc}	19.51 ^{abc}	21.68 ^c	19.56 ^{abc}	19.89 ^{abc}	20.09 ^{bc}	17.28 ^a	0.157	<0.001
Eggshell ratio (%)	11.88 ^{abc}	11.73 ^{abc}	11.68 ^{abc}	12.38 ^{abc}	12.18 ^{abc}	12.30 ^{abc}	12.50 ^{abc}	12.37 ^{abc}	12.33 ^{abc}	11.15 ^a	11.55 ^{ab}	13.09 ^c	12.90 ^{bc}	0.086	0.002
Albumen ratio (%)	50.46 ^a	49.83 ^a	51.84 ^a	52.38 ^a	51.30 ^a	52.05 ^a	52.68 ^a	53.15 ^a	53.14 ^a	51.85 ^a	50.89 ^a	51.53 ^a	58.58 ^b	0.308	<0.001
Yolk ratio (%)	35.99 ^{bc}	33.99 ^b	34.84 ^b	33.66 ^b	33.80 ^b	34.10 ^b	33.53 ^b	34.93 ^b	39.43 ^c	34.51 ^b	34.97 ^{bc}	32.69 ^b	26.69 ^a	0.256	<0.001

^{a-c} Values in a row with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

¹ Results are mean with 6 replicates per strain.

² C, D: Korean Rhode Island; F, K: Korean Leghorn; Y: Korean domestic chicken.

³ SEM, standard error of means.

과가 나타났다고 사료된다. 난백비율은 모든 토종닭 실용계 조합이 Hy-Line Brown과 비교했을 때 유의적으로 낮게 나타났으며($P<0.001$), 반면에 토종닭 교배조합들의 난황 비율의 평균은 34.70%로 Hy-Line Brown(26.69%)보다 30.01% 유의적으로 높게 나타났으며($P<0.001$). 이러한 결과는 품종에 따라 난중이 작은 계란이 난중이 큰 계란보다 더 높은 난황 무게와 낮은 난백비율을 가지고 있다는 연구결과와 일치한다(Suk and Park, 2001). 또한, 계란 내 난황의 비율이 50 g씩 증가함에 따라 맛이 진하고 고소하다는 연구결과에 따르면(Song et al., 2014) 난황 무게 비율이 높은 토종닭 계란은 차별화된 맛으로 토종닭 계란이 소비자들에게 각광받는 이유라고 사료된다.

적 요

본 연구는 산란능력이 우수한 토종 산란용 실용계를 개발하기 위해 선정된 국내 토종닭 종계(YC, YD, CK, CF) 4계통을 대상으로 2원 교배를 실시하였다. 능력검정은 12개 조합의 287수를 대상으로 18주령부터 64주령까지 체중, 생존율, 초산일령, 시산일령, 산란율, 계란 품질 및 난형을 조사하였다. 분석 결과, 체중은 YCYD, YDYC 조합이 가장 무거웠으며 생존율은 CKYC, YDYC 조합이 64주령까지 94% 이상의 생존율을 보였다. 시산일령은 CFYC 조합이 127일, 초산일령은 YDCF 조합이 140일로 각각 해당하는 종계들의 성적보다 시산일령과 초산일령이 모두 빨랐다. 산란율은 52

주령 이후로 대부분의 조합들이 산란율이 떨어지는 양상을 보였지만 YDCF 조합은 60주령까지 70% 이상의 산란지속성을 나타내며 가장 우수한 산란을 보였다. 계란품질에서 난중은 CKCF, YCCF가 가장 무거웠고, 난각색은 토종닭 대부분의 조합들이 Hy-Line Brown에 비해 유의적으로 밝게 나타났지만 조합들 중에서는 YCYD 및 YDYC 조합이 가장 짙은 색을 나타냈다. 난각 두께는 토종닭 조합 중 YCCF 조합이 두꺼웠으며 난각 강도는 CKYC 조합이 가장 강했다. 토종닭의 난형은 CKCF 조합이 Hy-Line Brown에 비해 장축이 유의적으로 길게 나타났으며 세로가 길쭉한 모양을 나타내었다. 토종닭 교배조합들의 난황색은 Y계통이 들어간 조합에서 짙은색을 나타냈으며 난황비율 또한 Hy-Line Brown에 비해 유의적으로 높았다. 종합하자면 실용계들의 능력검정을 통해 최적의 토종 산란용 실용계를 선정 시 산란율이 우수한 YDCF, 계란품질이 우수하면서 상대적으로 산란율이 양호했던 YCCF 조합이 가장 바람직한 조합으로 판단된다. 또한, 추후에는 난형지수에 관한 고려 및 교배조합들의 능력을 최대로 발현하기 위한 영양소 요구량 등의 연구가 필요하다고 사료된다. 이에 지속적으로 토종닭 산란계의 계란생산성 관련 연구를 진행하여 토종닭 계란 등급제를 확립하고 품질과 맛을 개선한다면 토종닭 산란계 농가의 소득을 향상시키고 소비자에게 프리미엄 식재료를 공급할 수 있을 것으로 판단된다.

(색인어 : 이면교배조합, 계란품질, 산란용 토종닭, 산란능력)

사 사

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(과제번호 RS-2021-RD 009516[PJ-016216])의 지원에 의해 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

ORCID

Haeun Park <https://orcid.org/0000-0003-3244-0716>
 Myunghwan Yu <https://orcid.org/0000-0003-4479-4677>
 Eunsoo Seo <https://orcid.org/0000-0002-0207-7381>
 Elijah Ogola Oketch
<https://orcid.org/0000-0003-4364-460X>
 Shan Randima Nawarathne
<https://orcid.org/0000-0001-9055-9155>
 Nuwan Chamara Chathuranga
<https://orcid.org/0000-0003-1002-4068>
 Bernadette Gerpacio Sta. Cruz
<https://orcid.org/0000-0002-1663-7714>
 Venuste Maniraguha <https://orcid.org/0000-0002-5615-3036>
 Jeseok Lee <https://orcid.org/0000-0002-6829-029X>
 Hyunji Choi <https://orcid.org/0009-0006-3328-9316>
 Jung Min Heo <https://orcid.org/0000-0002-3693-1320>

REFERENCES

- Abplanalp H, Okamoto S, Napolitano D, LEN RE 1984 A study of heterosis and recombination loss in crosses of inbred Leghorn lines derived from a common base population. *Poult Sci* 63(2):234-239.
- Ahn DH, Park SY 2002 Studies on components related to taste such as free amino acids and nucleotides in Korean native chicken meat. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31(4):547-552.
- Cheong I, Chung S, Yeon S 1985 Estimation of heterosis from strain crosses of White Cornish and White Plymouth Rock for certain economic traits. *Korean J Poult Sci* 12(2):75-82.
- Chun Ik L, Yong Seong K, Ji Seon S, Hyeon Kwon K, Are Sun Y, Kang Nyeong H, Hyo Jun C 2023 Eggs quality characteristics of four-way crossbred Korean native hens and Hyline Brown hens in late laying period. *J Agric Life Sci* 57(3):97-102.
- Duman M, Şekeroğlu A, Yıldırım A, Eleroğlu H, Camcı Ö 2016 Relation between egg shape index and egg quality characteristics. *Europ Poult Sci* 80(117):1-9.
- Hartmann C, Johansson K, Strandberg E, Rydhmer L 2003 Genetic correlations between the maternal genetic effect on chick weight and the direct genetic effects on egg composition traits in a White Leghorn line. *Poult Sci* 82(1):1-8.
- Hong EC, Choo HJ, Kim HK, Kim CD, Heo KN, Lee MJ, Son BR, Suh OS, Choi HC, Kang BS 2012 Performance of growing period of two-way crossbred parent stock for producing of laying-type Korean native commercial chickens. *Korean J Poult Sci* 39(3):177-182.
- Hong JS, Yu M, Oketch EO, Nawarathne SR, Lee DH, Kim M, Heo JM 2022 Evaluation of the body weight and laying performance of diallel crossed Korean native chicken layers from hatch to 40 weeks of age. *Korean J Agric Sci* 49(4):1033-1040.
- Hy-Line International 2020 Hy-Line Brown performance summary. <https://www.hyline.com/literature/brown>. Accessed on July 1, 2023.
- Isa AM, Sun Y, Shi L, Jiang L, Li Y, Fan J, Wang P, Ni A, Huang Z, Ma H 2020 Hybrids generated by crossing elite laying chickens exhibited heterosis for clutch and egg quality traits. *Poult Sci* 99(12):6332-6340.
- Jin S, Jayasena D, Jo C, Lee J 2017 The breeding history and commercial development of the Korean native chicken. *J World's Poult Sci* 73(1):163-174.
- Ketta M, Tůmová E 2016 Eggshell structure, measurements, and quality-affecting factors in laying hens: a review. *Czech J Anim Sci* 61(7):299-309.
- Kim HC, Choe J, Nam KC, Jung S, Jo C 2018 Productivity and meat quality of the new crossbred Korean native chickens compared with commercial breeds. *Korean J Poult Sci* 45(2):125-135.
- Kim K, Choi E, Kwon J, Jung H, Sohn S 2019 Production performance of 12 Korean domestic chicken varieties preserved as national genetic resources. *Korean J Poult Sci* 46(2):105-115.
- Kim K, Choi ES, Sohn SH 2022 A study on growth pattern in a new synthetic Korean native commercial chicken by

- sex and strains. *Korean J Poult Sci* 49(4):229-237.
- Kim K, Kang B, Park B, Choo H, Kwon I, Choi E, Sohn S 2019 A study on the change of production performance of 5 strains of Korean native chicken after establishment of varieties. *Korean J Poult Sci* 46(3):193-204.
- Kim K, Kwon I, Choo H, Park B, Cha J 2020 egg quality traits and their correlations in 12 strains of Korean native chicken. *Korean J Poult Sci* 47(3):181-188.
- Kim K, Park B, Jeon I, Choo H, Cha J 2021 Comparison of body weight and egg production ability across nine combinations of Korean indigenous chicken breeds. *Korean J Poult Sci* 48(4):161-168.
- Kim K, Park B, Jeon I, Choo H, Ham J, Park K, Cha J 2021b A comparative study on the growth performance of Korean indigenous chicken pure line by sex and twelve strains. *Korean J Poult Sci* 48(4):193-206.
- Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs 2022 Statistics for Agriculture, Forestry and Livestock in 2022. Issue No. 11-1543000-000128-10.
- National Institute of Animal Science (NIAS) 2022 Korean Feeding Standard for Poultry. National Institute of Animal Science, Wanju, Korea [in Korean].
- Ohh B, Yeo J, Lee J, Lee M 1980 Study on the utilization of heterosis in layer chicken. *Korean J Poult Sci* 7(2):28-36.
- Poultry Research Institute 2016 Domestic Chicken Seed Development and Core Breeding Technology. National Institute of Animal Science, RDA, Korea.
- Réhault-Godbert S, Guyot N, Nys Y 2019 The golden egg: nutritional value, bioactivities, and emerging benefits for human health. *Nutrients* 11(3):684.
- Seo E, Kim M, Lee D, Hong J, Maniraguha V, Cruz B, Chathuranga N, Nawarathne S, Oketch E, Yu M, Heo J 2023 Comparison of the growth performance of 12 cross-bred Korean native chickens and commercial layer from hatch to 16 weeks. *Korean J Poult Sci* 50(4):303-310.
- Sohn S, Kim K, Shin K, Lee S, Lee J, Jang S, Heo J, Choo H 2023 Diallel cross combination test for improving the laying performance of Korean native chickens. *Korean J Poult Sci* 50(3):133-141.
- Song H, Kim S, Cho S, Sang R, Jin D 2023 Investigation of growth and egg production performance of 6 indigenous Korean chicken breeds enrolled in DAD-IS. *Korean J Poult Sci* 50(4):241-249.
- Song MK, Kim DH, Yoon HH 2014 The quality characteristics of steamed egg according to the ratio of egg yolk and egg white. *Culi Sci & Hos Res* 20(1):65-75.
- Suk YO, Park C, 2001 Effect of breed and age of hens on the yolk to albumen ratio in two different genetic stocks. *Poult Sci* 80(7):855-858
- Sun C, Chen S, Xu G, Liu X, Yang N 2012 Global variation and uniformity of eggshell thickness for chicken eggs. *Poult Sci* 91(10):2718-2721.

Received May. 27, 2024, Revised May. 30, 2024, Accepted Jun. 6, 2024