



고구마 ‘통채루’ 부산물의 건조 방법과 첨가 수준에 따른 육계 생산성, 계육 품질, 혈액 성상, 면역 지표에 미치는 영향

이우도¹ · 김현수² · 손지선² · 홍의철² · 김희진¹ · 윤연서³ · 신혜경³ · 강환구^{2*}

¹국립축산과학원 가금연구소 박사후연구원, ²국립축산과학원 가금연구소 농업연구사,
³국립축산과학원 가금연구소 연구원

Effect of Drying Type and Addition Level of Sweet Potato 'Tongchaeru' Byproducts on Broiler Productivity, Meat Quality, Blood Parameters, and Immune Response

Woo-Do Lee¹, Hyunsoo Kim², Jiseon Son², Eui-Chul Hong², Hee-Jin Kim¹, Yeon-Seo Yun³,
 Hye Kyung Shin³ and Hwan-Ku Kang^{2*}

¹Post-Doctor Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

²Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

³Field Researcher, Poultry Research Institute, National Institute of Animal Science, Pyeongchang 25342, Republic of Korea

ABSTRACT This study used leaves and stems of ‘Tongchaeru’, one of the sweet potato varieties, to investigate broiler productivity, meat quality, blood properties, growth hormones, and immune factor levels according to drying method and amount added to feed. For this experiment, a total of 720 1-day-old male Ross 308 broilers were used. Treatments were assigned with 3 replicates per treatment and 20 birds were assigned to each replicate. The treatment group was designed into 12 treatments according to the type of natural product (leaves (L), stems (S)), drying type (natural (N), hot air (H), freeze (F)) and amount added (0.1%, 0.3%). The test was conducted for a total of 5 weeks. In this study, there was no significant difference in productivity depending on the type and amount of additives added ($P>0.05$). The FS 0.3% group showed high pH and WHC levels, and the shear force was lowest at HL 0.1% group ($P<0.05$). Blood cell and serum biochemical components were similar in all treatments, and growth hormone IGF-1 was highest in FS 0.1% group ($P<0.05$). There was no significant difference in IFN- γ , but the highest level of IL-6 was seen in the HS 0.1% group ($P<0.05$). In conclusion, the meat quality and the level of growth hormone and immune factors in the body were different depending on the type and amount of dried leaves and stems of sweet potato ‘Tongchaeru’, further study is needed to compare the selected additives and amounts added with those without additions.

(Key words: broiler, by-product, feed additive, growth performance, sweet potato)

서론

사료첨가제는 사료에서 얻을 수 없거나 부족한 영양, 비타민, 미네랄 등을 제공하며, 함유된 기능성 물질을 섭취하여 면역력과 항산화능 향상, 가축의 건강을 증진시키는 목적으로 사용되고 있다(Nantapo and Marume, 2022; Shehata et al., 2022). 사료첨가제의 종류로는 아미노산, 미네랄, 산화제, 프로바이오틱스, 프리바이오틱스 등이 있으며, 그 중 프리바이오틱스(채소, 과일 등)는 섬유질, 미량 영양소, 식물

성 화학물질, 필수 지방산, 플라보노이드 및 폴리페놀과 같은 기능성 물질들의 식이 저장고 역할을 한다(Johnson and Pace, 2010; Shehata et al., 2022). 그 중, 독특한 영양 및 의약적 특성 지닌 고구마는 메꽃과(*Convolvulaceae* sp.)에 속하는 작물로 식용이 가능한 덩이 줄기 식물이며, 쌀, 밀, 감자, 옥수수, 카사바 다음으로 중요한 식량 작물이다(Bai et al., 2023; Elgabry et al., 2023). 이러한 고구마는 전분, 단백질, 식이섬유, 안토시아닌 등을 함유하고, 건강 유지와 영양소 공급에 도움을 줌에 따라 전 세계적으로 1억 500만 톤의

* To whom correspondence should be addressed : magic100@korea.kr

고구마를 매년 생산하나(Bai et al., 2023), 약 7천만 톤의 부산물(잎, 줄기 등)은 대부분 환경폐기물로 버려지고 있다(Yang et al., 2019).

고구마 잎과 줄기는 항산화 분자의 공급원뿐만 아니라, 세포 내 활성 산소종의 제거제로 알려져 있으며, 다당류, 플라보노이드, 폴리페놀, 안토시아닌 등이 함유되어 있다(Bai et al., 2023). 고구마 잎은 고구마 뿌리보다 높은 영양가를 가지고 있으며, 다른 상업용 채소에 비해 높은 수준의 폴리페놀을 함유하고 있다(Taira et al., 2013; Elgabry et al., 2023). 잎에는 카페오일퀸산(caffeoylquinic acid(CQA)) 유도체와 퀘르세틴(querceetin), 리놀레산(linoleic acid) 및 α -리놀렌산(α -linolenic acid)과 같은 생리활성 성분이 있어 신체 내 항염증, 항당뇨, 항산화, 항종양 등 여러 약리 작용이 알려져 있다(Johnson and Pace, 2010; Ishii et al., 2022; Elgabry et al., 2023). Chang et al.(2021)은 고구마 잎 분말을 시리아 햄스터(Syrian hamsters)에게 급여하였을 때 혈장 콜레스테롤, low-density lipoprotein(LDL) 및 산화스트레스를 낮추어 고지혈증과 심혈관 질환 예방에 효과적인 것으로 발표한 바 있다.

고구마 줄기 또한 셀룰로오스(cellulose), 베타카로틴(β -carotene) 및 일부 영양소가 함유되어 있고, 일반 채소보다 많은 양의 페놀 화합물을 갖고 있는 것으로 보고되고 있다(Yang et al., 2019; Hong et al., 2022). 여러 안토시아닌(anthocyanin)과 플라보노이드(flavonoid), 클로로겐산(chlorogenic acid) 및 구조적 유사체가 고구마 줄기에서 확인되었으며, 이들은 다양한 생리, 건강 기능, 식품 및 의약 산업에서 잠재적인 사용 가능성을 갖는 것으로 입증되었다(Yang et al., 2019).

최근 천연물의 건조 방법에 따른 영양적, 화학적 특성 차이에 대하여 보고되고 있다(Nallan Chakravartula et al., 2021; Kim et al., 2023). 건조 공정은 신선한 천연물에서 수분을 제거하고 수분 활성을 감소시키는 과정으로, 식품의 물리적 미세구조를 변형시켜 추출 수율을 높일 수 있다(Saifullah et al., 2019). 일광 건조는 전통적인 방법이나, 온도가 낮고 일정하지 않아 제품의 품질과 여러 생리활성 화합물에 손실이 발생할 수 있으며, 오랜 시간이 소요된다(Chumroenphat et al., 2021). 다른 건조 방법인 열풍 건조는 현재 식품 산업에서 가장 광범위하게 사용되고 있는 공정이나(Liu et al., 2020), 고온에 의한 색상, 향미 및 생리활성 화합물의 저하 위험성이 있다(Chumroenphat et al., 2021). 동결 건조는 건조물의 미세 구조에 상당한 변화를 일으켜 다공성을 높이며, 이는 용매가 시료에 쉽게 침투하여 더 많은 식물화학물질을 추출할 수 있으나, 단점으로는 다른 건

조 방법에 비해 상대적으로 생산 비용이 높다(Hsu et al., 2003; Saifullah et al., 2019). Ma et al.(2018)은 뽕나무 잎을 자연, 열풍 및 동결 건조 공정으로 각각 처리하였을 때 동결 건조한 뽕나무 잎은 강한 항산화 특성을 나타내었으며, 시료 내 다당류 수율은 열풍 건조보다 약 28.88% 더 높았다. 한편, de Ancos et al.(2018)은 망고 껍질과 페이스트를 열풍 및 동결 건조하여 생리활성 성분 차이를 비교한 결과, 망고 페이스트는 동결건조 방법이, 망고 껍질은 열풍 건조 방법이 적합하였다. 또한 Papoutsis et al.(2017)은 레몬 껍질을 동결 건조, 열풍 건조 및 진공 건조하였을 때, 열풍 및 진공 건조한 레몬 껍질에서 더 높은 페놀 함량과 항산화 활성이 나타났다. 따라서 특정 식물 시료에 대해 최적의 건조 방법 및 조건을 탐색하는 것은 천연물의 수확량과 품질을 향상시키는데 중요하다(Wu, 2015; Saifullah et al., 2019).

고구마 품종 중 하나인 '통채루(Tongchaeru; *Ipomoea batatas* L.)'는 국립식량과학원에서 개발한 신품종으로 잎자루가 자색이며, 껍질째 섭취가 가능한 잎자루 다수성 채소이다. 노지 및 하우스 재배 시 기존 품종인 '하얀미'보다 잎자루 수량이 각각 3, 4.1배 많으며, 비타민 C, 안토시아닌 등 함량이 높아 항산화 효과가 뛰어날 것으로 판단된다. 따라서 본 연구에서는 고구마 '통채루'의 부산물인 잎과 줄기의 건조 방법과 첨가 수준에 따른 육계의 생산성, 계육품질, 혈액 성분, 성장인자 및 면역 특성을 비교하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 사료첨가제 준비

본 연구에서 사용한 사료첨가제는 농촌진흥청 국립식량과학원에서 수확한 고구마 '통채루'의 잎과 줄기를 건조하여 준비하였다. 각 부위에 대한 건조는 자연 건조, 열풍 건조, 동결 건조 총 3가지로 수행하였다. 자연 건조는 잎과 줄기를 잘게 썬 후, 햇볕이 잘 드는 노지에서 5일 이상(수분함량 변화가 없을 때까지) 건조하였다. 열풍 건조는 열풍 건조기(DS-80P-3, Dasol Scientific Co., Korea)를 이용하여 40℃, 3일 이상 건조하였으며, 동결 건조는 동결 건조기(LP20R, Ilshinbiobase, Korea)를 이용하여 건조하였다.

2. 시험설계 및 사양관리

공시 동물은 Ross 308 1일령 수컷 720수를 공시하였으며, 총 12처리, 처리당 3반복, 반복당 20수씩 배치하였다. 천연물은 고구마 '통채루' 잎(leaves, L) 또는 줄기(stems, S), 건조 형태는 일반(natural, N), 열풍(hot air, H), 동결(freeze, F)

건조로 하였으며, 각각 0.1%, 0.3% 수준으로 첨가하였다. 처리구 명명은 다음과 같다: 자연 건조 잎(NL 0.1%, NL 0.3%)과 줄기(NS 0.1%, NS 0.3%), 열풍 건조 잎(HL 0.1%, HL 0.3%)과 줄기(HS 0.1%, HS 0.3%), 동결 건조 잎(FL 0.1%, FL 0.3%)과 줄기(FS 0.1%, FS 0.3%). 각 시험 사료는 옥수수-대두박 위주의 상업용 사료에 각각의 첨가제를 수준별로 첨가 후, 사료배합기(DKM350SU, Daekwang Co., Ltd., Hwasong, Korea)를 사용하여 5분간 혼합, 제공하였다.

점등 프로그램은 간헐적 점등인 3L, 1D를 유지하였다. 계사 내 온도는 첫 주 동안 32±1℃로 설정하였으며, 이후 매주 1~2℃씩 감소하여 실험 종료 시 25±1℃가 되도록 하였다. 사료와 음수는 자유 섭취하도록 하였으며, 시험은 총 5주간 진행하였다. 본 시험은 농촌진흥청 국립축산과학원 실험동물윤리위원회의 규정에 따라 동물실험을 수행하였다(승인 번호 : NIAS 2023-610).

3. 조사항목

1) 생산성

본 연구의 육계 생산성 분석을 위하여 체중(body weight; BW), 증체량(body weight gain; BWG), 사료섭취량(feed intake; FI) 및 사료요구율(feed conversion ratio; FCR)을 측정하였다. 체중은 반복구 내 모든 수수의 무게를 측정 후 각 개체에 대한 평균 무게로 나타내었다. FI는 제공된 사료의 양과 잔량 및 허실 사료량을 측정하여 구하였으며, FCR은 FI와 BWG의 비율을 고려하여 계산하였다.

2) 사료 채취

시험 종료 시, 반복별 2수씩 무작위로 선별하여 가슴육과 혈액을 채취하였다. 혈액은 익하정맥 채혈법을 이용하여 5 mL 채취하였으며, EDTA(ethylenediaminetetraacetic acid) tube와 serum separator tube(BD Biosciences, Franklin Lakes, NJ, USA)에 나누어 주입하였다. Serum separator tube는 3,000 rpm, 4℃로 15분간 원심분리(VISION SCIENTIFIC Co., Ltd, Daejeon-Si, Korea)하여 혈청을 분리하였으며, 분석 전까지 -20℃에 보관하였다. 가슴육은 도계 직후 품질 분석 전까지 4℃에 보관하였다.

3) 계육 품질

‘통채루’의 잎과 줄기 첨가물에 따른 계육 품질을 비교하기 위하여 육색, pH, 가열감량, 전단력, 보수력을 조사하였다. 육색은 각 사료 표면의 색도계(CR-300, Minolta Co.,

Osaka, Japan)를 이용하여 분석하였으며, 항목으로 L*(lightness), a*(redness) 및 b*(yellowness)를 분석하였다. pH는 계육과 증류수를 1:9로 혼합하고 균질한 후 pH 측정기(pH-K21, NWK-Binar GmbH, Celiusstr, Germany)를 이용하여 측정하였다. 가열감량은 계육을 일정 모양으로 성형한 후, 폴리에틸렌 백에 넣고 75℃의 항온수조(VS-310SWR, Vision Scientific Co. Ltd., Daejeon, Korea)에서 30분간 가열하였다. 그 후 상온(22±2℃), 30분간 방냉하였으며, 가열 전과 가열 후의 중량 차이를 비교해 손실을 계산하였다.

전단력은 계육을 2 cm 두께로 절단한 후, 항온수조에서 75℃, 30분간 가열시켰다. 이후 실온에서 30분간 냉각시킨 후 직경 1.27 cm의 코어를 사용하여 시료를 준비하였다. 각 시료는 V blade를 이용하여 물성 분석기(Texture Analyzer TA 1, Lloyd Instruments, Fareham, UK)로 측정하였다. 보수력은 0.5 g의 계육을 시험관에 측정하여 75℃의 수조에서 20분간 가열하였다. 이후 상온에서 방냉하였으며, 방냉 후 원심분리(3,000 rpm, 4℃, 20분)하였다. 원심분리 이후에 수집한 시료는 다음 식을 이용하여 보수력을 측정하였다.

$$\text{지방계수} = 1 - \text{지방함량} / 100$$

$$\text{유리수분} = [(\text{원심분리 전 무게} - \text{원심분리 후 무게}) / (\text{시료} \times \text{지방계수})] \times 100$$

$$\text{보수력}(\%) = [(\text{총 수분} - \text{유리수분}) / \text{총 수분}] \times 100$$

4) 혈구 및 혈청 생화학 특성

혈구 분석은 EDTA tube를 이용하였으며, 혈액 채취 후 24시간 이내 자동 혈구 분석기(HEMAVET® HV950FS, Drew Scientific, Inc., FL, USA)를 사용해 측정하였다. 혈청 내 생화학 분석은 자동 혈액 생화학 분석기(AU480 Chemistry Analyzer, Beckman Coulter Inc., CA, USA)를 이용하였으며, 분석 항목으로는 AST(aspartate aminotransferase), ALT(alanine aminotransferase), TCHO(total cholesterol), TG(triglycerides), GLU(glucose), TP(total protein), ALB(albumin), Ca(calcium), IP(inorganic phosphorus), CRE(creatinine) 및 LDH(lactate dehydrogenase)을 측정하였다.

5) 혈청 IGF-1, IFN-γ, IL-6 분석

고구마 통채루 잎과 줄기의 건조 방법과 첨가 수준에 따른 성장 호르몬과 면역 인자 수준의 차이를 비교하기 위해 insulin-like growth factor 1(IGF-1), interferon gamma(IFN-γ), interleukins 6(IL-6)를 측정하였다. 분석을 위하여 ELISA(enzyme linked immunosorbent assay) kit는 chicken IGF-1, chi-

cken IFN- γ , chicken IL-6(MyBioSource, San Diego, California, USA)를 사용하였으며, 각 kit의 protocol에 따라 수행하였다. 모든 항목은 처리구당 5반복 실험을 하였다.

4. 통계처리

본 연구에서 수집된 각 처리구별 결과들은 SAS(statistical analysis system) 9.4의 GLM(general linear model) procedure를 이용하여 분산 분석을 실시하였다. 생산성은 각 펜을 실험 단위로 사용하였으며, 계육 품질, 혈구 및 혈액 생화학 특성, 혈청 내 호르몬과 사이토카인의 수준은 선별한 각각

의 개체를 실험 단위로 사용하였다. 처리구 간 유의미한 차이는 Duncan's multiple-range test에 의해 결정되었으며, 유의 수준 $P < 0.05$ 에서 검정하였다.

결 과

1. 체중, 사료섭취량 및 사료 요구율

고구마 통채루 잎과 줄기의 건조 방법, 첨가 수준에 따른 육계의 생산성 결과는 Table 1에 나타내었다. 통채루 잎과 줄기의 건조 형태와 첨가량을 달리함에 따라 증체량은 NL

Table 1. Growth performance according to the drying type and addition level of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and stems

Item	NL		HL		FL		NS		HS		FS		SEM ¹	P-value
	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%		
Initial BW (g)	33.60	33.57	33.27	33.53	33.58	33.48	33.30	33.35	33.32	33.33	33.32	33.63	0.05	0.847
1 week														
BW (g)	134.7	130.7	126.9	133.6	128.7	131.8	129.6	131.3	126.3	129.4	127.4	132.9	0.925	0.238
BWG (g)	101.1	97.1	93.6	100.1	95.2	98.3	96.3	98.0	93.0	96.1	94.1	99.3	0.988	0.306
ADFI (g)	23.48	23.48	22.19	23.38	24.24	23.95	21.90	21.80	21.33	23.67	23.14	22.19	0.341	0.791
FCR	1.62	1.69	1.66	1.64	1.78	1.71	1.59	1.56	1.60	1.72	1.73	1.56	0.037	0.777
3 week														
BW (g)	647.4	631.0	632.5	641.4	651.4	647.8	643.8	627.2	623.0	674.6	625.2	634.3	6.159	0.956
BWG (g)	512.6	500.3	505.6	507.8	522.7	516.1	514.2	495.9	496.7	545.2	497.8	501.4	5.966	0.955
ADFI (g)	61.83	58.86	60.17	61.81	58.90	59.95	59.93	59.90	58.71	61.17	59.62	60.45	0.334	0.970
FCR	1.66	1.68	1.70	1.71	1.59	1.63	1.63	1.81	1.68	1.60	1.75	1.69	0.018	0.504
5 week														
BW (g)	1,487.9	1,556.3	1,535.4	1,609.6	1,557.3	1,579.6	1,551.1	1,526.4	1,543.5	1,641.9	1,534.4	1,495.3	16.41	0.889
BWG (g)	840.5	925.3	902.9	968.1	905.9	931.8	907.2	899.2	920.5	967.4	909.2	861.0	12.65	0.794
ADFI (g)	126.1	134.0	134.2	129.0	126.7	135.7	129.2	129.5	132.5	138.8	124.6	128.1	1.109	0.230
FCR	2.13	2.04	2.09	1.87	1.97	2.04	2.01	2.02	2.03	2.01	1.92	2.08	0.023	0.653
Overall period														
BWG (g)	1,454.3	1,522.7	1,502.1	1,576.0	1,523.7	1,546.1	1,517.8	1,493.0	1,510.2	1,608.6	1,501.1	1,461.6	16.43	0.889
ADG (g)	37.03	38.57	37.99	39.91	38.54	39.15	38.43	37.88	38.17	40.59	37.98	37.16	0.397	0.904
ADFI (g)	70.15	72.43	72.52	71.39	69.96	73.2	70.34	71.45	71.17	74.88	69.83	70.26	0.429	0.386
FCR	1.90	1.88	1.92	1.79	1.82	1.87	1.83	1.89	1.87	1.85	1.84	1.89	0.014	0.859

¹ SEM, Standard error of means.

BW, body weight; BWG, body weight gain; ADFI, average daily feed intake; ADG, average daily body weight gain; FCR, feed conversion ratio.

NL, natural drying leaves; HL, hot air drying leaves; FL, freeze drying leaves; NS, natural drying stems; HS, hot air drying stems; FS, freeze drying stems.

0.1% 처리구에서 1,454.3 g으로 가장 낮았고, HS 0.3% 처리구에서 1,608.6 g으로 가장 높았다. 하지만 전반적으로 첨가제 종류와 양에 따른 육계의 생산성에는 유의적인 차이가 관찰되지 않았다. 식물성 사료첨가제(phytogenic feed additives; PFA)는 2006년 유럽 연합에서 항생제 성장 촉진제(antibiotic growth promoter; AGP) 사용을 제한함에 따라 연구된 대체제들 중 하나로, 가금 생산성에도 영향을 미친다 (Amad et al., 2011). PFA는 일반적으로 천연 사료 첨가제로 알려져 있으며, 동물의 섭취에 안전하나, 가축 생산성에 있어서 PFA를 사용하는 것에 대한 연구 결과는 일관성이 없다는 보고가 있다(Amad et al., 2013). Jamroz et al.(2005)은 capsaicin, cinnamaldehyde와 carvacrol이 함유된 식물 추출물을 사료 내 첨가한 결과, 사료 효율에 긍정적인 영향을 주었고, Al-Kassie et al.(2009)은 백리향과 계피 추출물을 통해 육계 체중과 사료 효율을 개선시켰으나, 계피와 페퍼민트, 아니스 오일을 혼합한 PFA의 첨가는 유의적인 영향을 보이지 않았다(Ahsan et al., 2018). 이러한 불일치는 첨가한 식물의 유형 및 부분, 제조 방법, 물리적 특성, 수확 시기 등과 같은 수많은 요인들로 인해 발생할 수 있다(Jang et al., 2007). 또한 Alqhtani et al.(2022)은 사용된 첨가제의 첨가량에 따라 육계의 생산성이 달라져 적절한 첨가량을 선정하는 것이 필요하다고 하였다. 본 연구에서 고구마 ‘통채루’ 잎과

줄기의 건조 방법 및 첨가량을 달리 하였음에도 모든 처리구가 비슷하였다. 이에 육계 성장 성능에 있어 통채루 잎과 줄기를 활용한 최적 첨가 형태와 첨가량에 대해 추가 연구와 무첨가구 대비 생산성 개선 효과에 대한 조사가 요구된다.

2. 계육 품질

각 처리구별 첨가 물질과 첨가량에 따른 계육 품질 차이를 Table 2에 나타내었다. pH의 경우, NL 0.3%, HL 0.3% 처리구에서 가장 낮았으며, FS 0.3% 처리구는 가장 높았다 ($P<0.05$). WHC는 HS 0.3% 처리구를 제외한 모든 줄기 첨가구에서 높은 수준을 나타내었으며($P<0.05$), 가열감량은 모든 처리구가 비슷하였다($P>0.05$). 계육의 색도는 잎과 줄기의 건조 형태 및 첨가량에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으며, 전단력은 HL 0.1% 처리구가 가장 낮은 수준을 보였다($P<0.05$). 최근 육계의 대량 생산이 이루어지면서 계육의 품질을 향상시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 진행되고 있다(Mir et al., 2017). 맛, 냄새, 육색, 외관 특성, WHC, pH 등의 계육 품질 지표는 소비자의 구매 결정과 기호에 영향을 주는 특성으로 이들은 사료 첨가제의 사용 및 종류에 따라 달라진다(Shen et al., 2019; Lee et al., 2022). 그 중, 사료 내 천연물 및 플라보노이드의 첨가는 계육 등 축산물 품질에 영향을 주는 것으로 보고되었다(Ouyang et al., 2016). 라

Table 2. Comparison of chicken meat quality according to the drying type and level of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and stems

Item	NL		HL		FL		NS		HS		FS		SEM ¹	P-value
	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%		
pH	5.296 ^{abc}	5.212 ^c	5.406 ^{ab}	5.206 ^c	5.308 ^{abc}	5.274 ^{bc}	5.380 ^{ab}	5.370 ^{ab}	5.308 ^{abc}	5.302 ^{abc}	5.398 ^{ab}	5.438 ^a	0.015	0.004
WHC (%)	26.68 ^c	29.31 ^{bc}	33.20 ^a	28.92 ^c	33.75 ^a	31.91 ^{ab}	32.93 ^a	33.59 ^a	34.82 ^a	29.04 ^c	33.80 ^a	41.82 ^a	0.543	<0.001
Cooking loss (%)	30.12	30.54	29.33	29.85	29.89	30.46	31.06	28.95	30.71	30.89	29.86	29.34	0.243	0.836
Meat color														
L*	62.93	64.08	61.05	63.19	63.24	62.19	62.09	59.24	62.43	62.54	62.73	60.27	0.351	0.237
a*	1.466	1.686	1.466	1.668	2.106	1.808	1.750	1.428	1.088	1.724	0.968	1.786	0.089	0.403
b*	5.992	7.538	6.592	7.598	6.344	6.702	5.194	5.492	6.386	6.174	5.210	4.396	0.219	0.080
Share force (kgf)	21.17 ^{bc}	21.34 ^{bc}	18.41 ^c	23.98 ^{ab}	23.86 ^{ab}	22.88 ^{ab}	26.45 ^a	24.04 ^{ab}	26.24 ^a	25.29 ^a	22.54 ^{ab}	23.26 ^{ab}	0.275	<0.001

¹ SEM, Standard error of means.

^{a-c} Means in same rows with different superscripts are significantly different ($P<0.05$).

WHC, water-holding capacity.

NL, natural drying leaves; HL, hot air drying leaves; FL, freeze drying leaves; NS, natural drying stems; HS, hot air drying stems; FS, freeze drying stems.

벤더(*Lavandula angustifolia*) 분말은 사료 내 첨가량이 증가함에 따라 계육의 가열감량을 유의적으로 낮추었으며(Salajegheh et al., 2018), 대나무(bamboo) 잎 추출물은 계육의 육즙 손실(drip loss), pH, 색도(L*, a*, b*) 및 전단력에 영향을 주었다(Shen et al., 2019). Hu et al.(2012)은 브로콜리 줄기, 잎 내에 함유된 퀘르세틴과 크산토펜(xanthophylls)이 계육의 색도에 영향을 주는 것으로 보고하였다. 한편, 수분을 유지하는 능력인 WHC는 계육의 영양, 풍미, 육즙과 관련이 있으며, 특히 pH와 WHC가 높을수록 계육의 지질 산화를 둔화시키는 것으로 보고되었다(Shen et al., 2019). 또한 전단력은 소비자의 식감 및 선호도를 결정하는 가장 중요한 품질 매개 변수로(Ding et al., 2021), 전단력이 높아짐에 따라 부드러움이 낮아지는 것으로 알려져 있다(Xie et al., 2022). 전단력은 계육 내 결합 조직의 양과 품질 및 근섬유에 의해 영향을 받으며, 이는 천연물 내 플라보노이드 성분의 육계

체내 지방 분해 메커니즘에 따라 달라진다(Purnama et al., 2021). Kamboh와 Zhu(2013)는 플라보노이드인 제니스테인(genistein)과 헤스페리딘(hesperidin)을 첨가하였을 때, 계육의 색도, pH 및 WHC를 개선하여 육질을 향상시켰다. 본 연구에서는 FS 0.3%를 첨가하였을 때 pH와 WHC가 모두 높아졌으며, 전단력은 HL 0.1%를 첨가하였을 때 낮은 수준을 보였다. 이는 고구마 잎과 줄기에 함유된 플라보노이드 등 기능성 성분에 기인한 것으로 판단되며, 향후 계육 품질에 영향을 주는 주요 성분 조사와 작용 메커니즘에 대한 구체적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

3. 혈구 및 혈액 생화학 특성

고구마 ‘통채루’ 잎과 줄기의 첨가 형태와 첨가량에 따른 혈구 및 혈액 생화학 특성 결과는 Table 3, 4와 같다. 혈구 및 혈액 내 일반 성분 분석 결과를 보았을 때, 통채루 잎과

Table 3. Comparison of blood cell composition according to the drying type and level of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and stems

Item	NL		HL		FL		NS		HS		FS		SEM ¹	P-value
	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%		
RBC (K/ μ L)	2.13	1.98	2.12	2.06	2.19	2.08	2.11	2.06	1.96	2.01	2.04	2.18	0.022	0.576
WBC (K/ μ L)	20.99	17.30	20.60	21.69	20.78	21.06	22.02	19.04	17.88	19.20	18.75	21.34	0.427	0.360
HE (K/ μ L)	6.24	4.74	6.09	6.77	6.18	6.27	6.47	5.60	5.10	5.50	5.42	6.46	0.179	0.465
LY (K/ μ L)	11.47	10.10	11.31	11.53	11.31	11.58	12.19	10.54	10.11	10.72	10.55	11.58	0.174	0.277
HE/LY ratio	0.54	0.46	0.54	0.58	0.54	0.54	0.53	0.52	0.49	0.51	0.51	0.56	0.010	0.647
MO (K/ μ L)	2.19	1.78	2.22	2.22	2.25	2.14	2.28	2.03	1.83	2.03	1.95	2.16	0.048	0.470
EO (K/ μ L)	0.83	0.64	0.76	0.88	0.78	0.83	0.80	0.68	0.66	0.74	0.66	0.87	0.028	0.683
BA (K/ μ L)	0.27	0.15	0.23	0.29	0.26	0.25	0.26	0.19	0.18	0.22	0.18	0.27	0.013	0.489
HB (g/dL)	7.22	6.54	7.30	7.06	7.04	7.28	7.26	6.86	6.90	6.94	6.72	7.14	0.069	0.477
HCT (%)	21.26	19.30	21.84	20.68	17.96	21.42	21.56	20.86	20.28	20.72	20.46	21.68	0.331	0.525
MCV (fL)	99.78	97.80	103.32	100.42	101.28	103.12	102.32	101.26	103.66	102.98	100.32	99.28	0.463	0.196
MCH (g/dL)	33.98	33.16	34.58	34.32	34.36	35.02	34.60	33.34	35.30	34.52	32.88	33.00	0.265	0.692
MCHC (g/dL)	34.10	33.96	31.50	34.18	34.56	34.00	33.80	33.00	34.16	33.52	32.80	33.42	0.367	0.959
PLT ($10^3/\mu$ L)	16.80	22.40	27.40	12.20	18.80	15.60	20.20	16.80	15.40	13.60	14.20	12.80	1.264	0.441

¹ SEM, Standard error of means.

RBC, red blood cells; WBC, white blood cells; HE, heterophils; LY, lymphocytes; HE/LY ratio, heterophils/lymphocytes; MO, monocytes; EO, eosinophils; BA, basophils; HB, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean corpuscular hemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration; PLT, platelet.

NL, natural drying leaves; HL, hot air drying leaves; FL, freeze drying leaves; NS, natural drying stems; HS, hot air drying stems; FS, freeze drying stems.

Table 4. Comparison of blood chemical composition according to the drying type and level of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves and stems

Item	NL		HL		FL		NS		HS		FS		SEM	P-value
	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%	0.1%	0.3%		
GOT (U/L)	255.28	253.44	256.98	273.54	245.80	259.20	275.18	261.44	255.36	260.56	263.38	253.52	3.130	0.866
GPT (U/L)	1.848	1.838	1.534	1.744	1.790	1.800	1.582	1.976	1.712	1.534	1.856	1.802	0.040	0.477
TCHO (mg/dL)	135.24	108.58	111.48	116.90	117.18	127.12	134.88	117.46	119.48	123.74	125.20	128.54	2.045	0.133
TG (mg/dL)	40.94	37.84	33.06	37.68	35.44	43.80	36.42	42.38	42.98	38.70	40.68	37.36	0.999	0.575
GLU (mg/dL)	241.28	241.24	229.98	241.76	235.80	244.42	230.18	249.92	248.52	253.02	258.76	233.06	2.348	0.234
TP (mg/dL)	3.084	2.678	2.808	2.946	2.826	3.018	3.076	2.912	2.820	2.858	2.762	2.834	0.043	0.751
ALB (mg/dL)	1.160	1.040	1.072	1.126	1.110	1.174	1.156	1.134	1.088	1.098	1.116	1.096	0.014	0.790
Ca (mg/dL)	10.19	9.94	10.13	10.19	9.89	10.33	9.98	9.77	9.78	9.71	9.74	9.51	0.060	0.169
IP (mg/dL)	6.788	6.292	6.730	6.930	6.990	7.038	7.088	7.036	6.632	6.536	6.758	6.956	0.072	0.545
CRE (mg/dL)	0.248	0.238	0.226	0.232	0.232	0.248	0.248	0.246	0.236	0.246	0.242	0.234	0.003	0.691
LDH (mg/dL)	2,093.9	1,957.2	1,850.7	2,091.7	2,427.3	2,415.3	2,358.8	2,730.8	2,506.0	1,763.0	2,029.7	2,212.2	68.08	0.100

¹ SEM, Standard error of means.

GOT, glutamic oxaloacetic transaminase; GPT, glutamic pyruvic transaminase; TCHO, total cholesterol; TG, triglycerides; GLU, glucose; TP, total protein; ALB, albumin; Ca, calcium; IP, inorganic phosphorus; CRE, creatinine LDH, lactate dehydrogenase; NL, natural drying leaves; HL, hot air drying leaves; FL, freeze drying leaves; NS, natural drying stems; HS, hot air drying stems; FS, freeze drying stems.

줄기의 육계 사료 내 첨가는 건조 형태와 첨가량과 상관없이 모두 비슷하였다($P>0.05$). 혈청 생화학 지수는 동물의 신진대사와 건강 상태를 평가할 수 있는 지표로 알려져 있으며(Ahmat et al., 2021), 이러한 지표들은 품종, 성별, 연령 등에도 영향을 받으나, 사료 구성이나 사료 첨가제의 사용에 따라 달라짐을 보고하였다(Toghyani et al., 2010; Lee et al., 2022). 혈청 내 총 콜레스테롤, 총 단백질, 알부민 수준은 각각 지질, 단백질 대사 상태를 확인할 수 있으며, 포도당(glucose)은 동물의 생리적 상태와 성장률에 관련이 있어 동물의 성장 성능을 평가하는데 이용된다(Ahmat et al., 2021). 특히 GOT, GPT, LDH는 간세포의 손상이나 스트레스에 의해 수치가 증가하는 효소로, 첨가한 사료첨가제의 종류에 따라 간에 미치는 영향을 평가할 수 있다(Lee et al., 2022). 이에 Abdul Basit et al.(2020)의 연구에서 라우람(*Persicaria odorata*) 잎 분말을 육계 사료에 첨가하였을 때 첨가제에 함유된 퀘르세틴을 포함한 플라보노이드에 의해 GOT와 GPT 활성이 낮춰졌으며, 페티베리아(*Petiveria alliacea*) 뿌리 또한 첨가 시 동일한 결과가 관찰되었다(Odetola et al., 2019). 알리움(*Allium*) 속 식물인 마늘, 양파 및 부추는 낮은 수준의 TCHO와 TG를 나타내었는데, 이는 알리움 속 식물에 함유

된 플라보노이드가 체내 지방 생성을 억제한 것으로 보고하였다(Omer et al., 2019; Lee et al., 2022).

한편, 가금의 혈액 특성 또한 생리학적 상태를 확인할 수 있는 좋은 지표이며, 섭취한 사료에 의해 영향을 받는 것으로 보고되었다(Ansari et al., 2012; Elagib et al., 2015). 넘나무(*Azadirachta indica*) 잎의 육계 사료 내 첨가는 PCV, Hb 및 RBC 지표(MCV, MCH, MCHC)에 영향을 주었으나, 높은 수준의 첨가는 WBC 지표에 악영향을 주는 것으로 보고되었다(Ansari et al., 2012). 고수(*Coriandrum sativum*) 씨앗가루는 첨가 수준에 따라 WBC 지표가 다르게 나타났으며(Khubeiz et al., 2020), 유칼립투스(*Eucalyptus globulus*) 잎은 WBC 수준이 크게 증가시켰다(Mashayekhi et al., 2018). 이는 약용 식물의 첨가가 체내 비타민 C와 식세포 활성을 증가시키고, 면역 상태를 개선시킨 것으로 보고하였다(Mashayekhi et al., 2018). 하지만 Elagib et al.(2015)은 육계 사료 내 마늘 분말을 0~5% 첨가함에도 불구하고, 백혈구 수준에 유의적인 영향을 주지 않았으며, 같은 품종의 약용 식물도 첨가 수준에 따라 혈액 내 매개변수가 달라지는 것으로 보고되었다(Khubeiz et al., 2020). 본 연구에서의 혈구, 혈청 생화학 특성은 모든 처리구가 유사하였으며, 신진대사

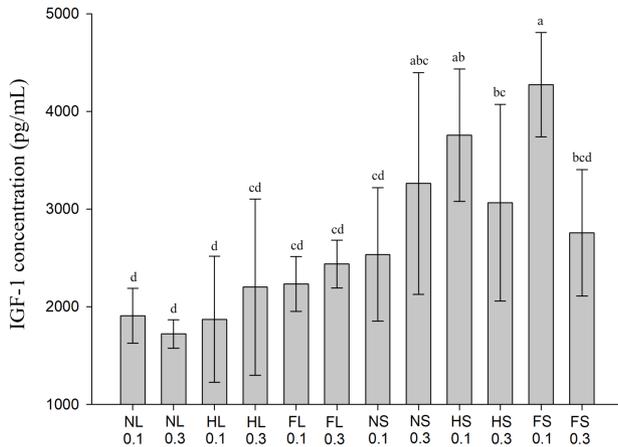


Fig. 1. Comparison of IGF-1 levels in the serum according to the type and level of *Ipomoea batatas* leaves and stems supplementation. ^{a-d} Means with different superscripts in same row are significantly different ($P<0.05$). NL, natural drying leaves; HL, hot air drying leaves; FL, freeze drying leaves; NS, natural drying stems; HS, hot air drying stems; FS, freeze drying stems.

와 건강을 개선시킬 수 있는 최적의 건조 방법 및 첨가량에 대한 추가 연구가 요구된다.

4. 혈청 내 IGF-1 수준

육계 사료 내 첨가제 종류와 양에 따른 혈청 내 IGF-1 수준 차이는 Fig. 1에 나타내었다. 혈청 내 IGF-1의 농도는 FS 0.1% 처리구에서 가장 높았으며, NL 처리구(NL 0.1%, NL 0.3%)와 HL 0.1% 처리구에서 가장 낮은 수준을 보였다

($P<0.05$). 신체 호르몬은 신경내분비 경로를 통해 면역 기능을 조절하고, 동물의 질병 저항성을 향상시켜 생산성과 면역 기능에 중요한 역할을 한다(Qi et al., 2017). 그 중 혈청 내 IGF-1은 growth hormone(GH)과 함께 동물 성장 조절 및 생리학적 과정과 관련 있는 호르몬으로(Li et al., 2017; Chang et al., 2020), 가금의 정상적인 성장에 있어 필요한 주요 호르몬 중 하나이다(Xiao et al., 2017). IGF-1은 단백질 합성 속도를 향상시켜 골격근의 성장을 자극하는 것으로 조사되었으며, 이에 Xiao et al.(2017)은 육계의 체중과 혈청 내 IGF-1의 농도가 양의 상관관계를 가지고 있음을 보고하였다. 이러한 성장 호르몬 및 가축의 성장 촉진 효과는 첨가제 내 폴리페놀, 플라보노이드, 다당류와 같은 생리활성 물질에 따라 달라진다(Qi et al., 2017; Xie et al., 2021). Xie et al.(2021)은 발효 명아주(*Chenopodium album* L.)를 육계 사료 내 첨가하였을 때 IGF-1 수준 및 체중이 증가되었으며, 다양한 식물 추출물의 혼합 첨가 또한 육계의 체중과 혈청 내 IGF-1 농도를 개선시켰다(Begum et al., 2014). 한편, Bai et al.(2023)은 고구마 잎과 줄기가 항산화 분자의 공급원으로써 단백질, 다당류, 플라보노이드, 폴리페놀 등이 풍부한 것으로 보고하였으며, Ouyang et al.(2016)은 천연물 내 플라보노이드가 성장호르몬과 간 성장호르몬 수용체의 결합을 조절하여 IGF-1의 농도 증가, 가금의 성장을 촉진시킨다고 보고하였다. 이 외에도 플라보노이드는 근육 내 단백질 합성을 촉진하고, 성장 촉진을 유도하는 것으로 알려져 있다(Kamboh and Zhu, 2013). 본 연구의 결과에서 FS 0.1% 처리구는 가장 높은 IGF-1 수준을 보였는데, 이는 고구마 줄기에 함유된

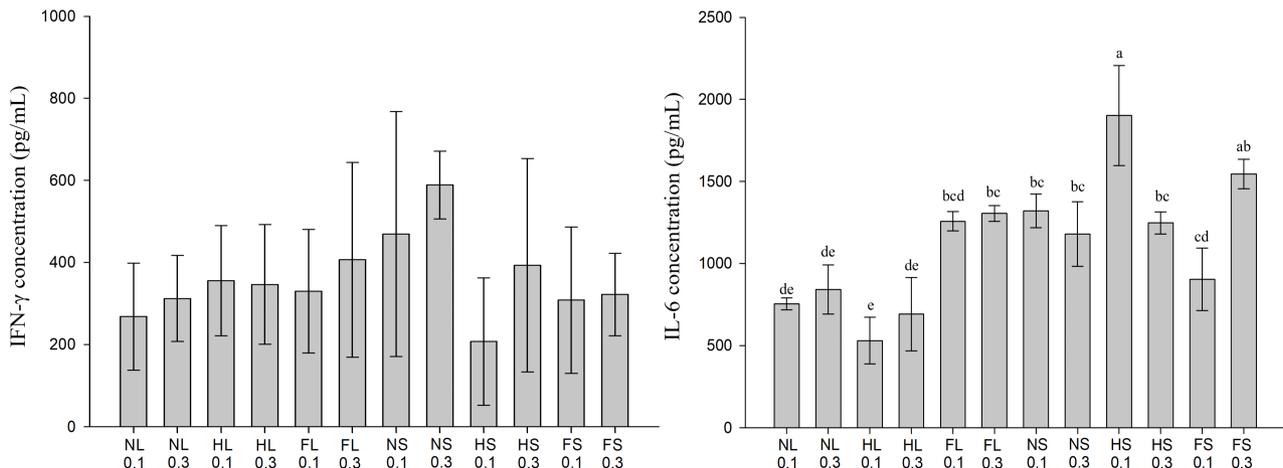


Fig. 2. Comparison of IFN- γ and IL-6 levels in the serum according to the type and level of *Ipomoea batatas* leaves and stems supplementation. ^{a-c} Means with different superscripts in same row are significantly different ($P<0.05$). NL, natural drying leaves; HL, hot air drying leaves; FL, freeze drying leaves; NS, natural drying stems; HS, hot air drying stems; FS, freeze drying stems.

플라보노이드 성분이 육계 체내 성장 인자에 영향을 준 것으로 판단된다.

5. 체내 면역 사이토카인

육계 사료 내 고구마 ‘통채루’ 잎과 줄기의 첨가제 종류와 첨가량에 따른 혈청 내 IFN- γ , IL-6 농도 차이는 Fig. 2와 같다. 각 첨가제의 첨가에 따라 혈청 내 IFN- γ 수준은 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). 반면, IL-6은 HS 0.1 처리구에서 가장 높았으며, HL 0.1 처리구에서 가장 낮았다($P<0.05$). 사이토카인은 체내 면역세포, 내피세포, 지방세포 등이 유도하는 소분자 단백질로, 외인성 또는 내인성 자극 물질에 의해 생성된다(Huang et al., 2022). 이들은 면역조절, 신체의 손상 회복과 같은 다양한 생리적 기능을 가지고 있으며, 기능 및 발현 요인에 따라 IFN, IL, TNF- α 등으로 구분된다(Huang et al., 2022). 그 중 혈청 내 IFN- γ 는 신체의 면역력을 활성화 하는데 중요한 인자로, 바이러스 감염 및 복제를 방해하는 기능이 있다(Huang et al., 2022). IL은 Th2 세포가 자극 받음에 따라 IL-4, IL-5, IL-6, IL-10 및 IL-13을 분비하는 사이토카인으로 가장 중요한 T세포 성장인자이며, 숙주의 면역반응을 촉진하는데 중요한 역할을 한다(Wang et al., 2018). 최근 외인성 자극 물질로 천연 사료 첨가제를 첨가하였을 때, 체내 사이토카인의 개선 및 가금의 면역력 향상 효과에 대해 조사한 연구가 보고되고 있다. Ghozlan et al.(2017)은 로즈마리(*Rosmarinus officinalis*) 분말을 수준별 첨가하였을 때 혈청 내 IgM, IgG, IFN- γ , IL-10이 유의적으로 증가하였으며, 아니스(*Pimpinella anisum*) 씨앗 분말도 면역글로블린, INF- γ , IL-2, IL-10를 증가시키며 면역력을 향상시켰다(Barakat et al., 2016). Du et al.(2022)은 민들레 및 민들레 추출물의 첨가에 의해 육계 혈청 내 IFN- γ , IL-10, IgA, IgM 수준이 증가함을 확인하였으며, 이는 천연물에 함유된 폴리페놀, 다당류가 대식세포의 기능을 강화하고, 림프구의 변형, 항체 형성을 촉진시킨 것으로 보고하였다. 본 연구에서 INF- γ 는 첨가제 형태와 수준에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았으나, IL-6의 경우 HS 0.1% 처리구에서 가장 높은 농도를 보였다. 이를 볼 때, 통채루 줄기에 함유된 폴리페놀과 다당류가 체내 사이토카인 수준에 영향을 미친 것으로 보이며, 고구마 부산물의 면역 활성화 개선에 대한 구체적인 메커니즘 연구가 요구된다.

적 요

본 연구는 고구마 품종 중 하나인 ‘통채루’ 잎과 줄기를

활용하여 건조 방법과 사료 내 첨가량에 따른 육계의 생산성, 계육 품질, 혈액 정상, 성장 호르몬 및 면역 인자 수준에 대해 조사하였다. 1일령 Ross 308 육계 수평아리를 12처리구, 3반복으로 반복당 20수씩 총 720수 배치하였다. 천연물은 ‘통채루’ 잎(leaves, L) 또는 줄기(stems, S), 건조 형태는 일반(natural, N), 열풍(hot air, H), 동결(freeze, F) 건조로 하였으며, 각각 0.1%, 0.3% 수준으로 첨가하였다. 본 연구의 처리구명은 다음과 같다: 자연 건조 잎(NL 0.1%, NL 0.3%)과 줄기(NS 0.1%, NS 0.3%), 열풍 건조 잎(HL 0.1%, HL 0.3%)과 줄기(HS 0.1%, HS 0.3%), 동결 건조 잎(FL 0.1%, FL 0.3%)과 줄기(FS 0.1%, FS 0.3%). 시험은 총 5주간 수행하였다. 본 연구에서 첨가제의 첨가 형태와 첨가량에 따라 생산성에서는 유의적인 차이를 보이지 않았다($P>0.05$). FS 0.3% 처리구는 높은 pH와 WHC 수준을 보였으며, 전단력은 HL 0.1%에서 가장 낮았다($P<0.05$). 혈구 및 혈청 생화학 성분에는 모든 처리구가 비슷하였으며, 성장 호르몬인 IGF-1은 FS 0.1%에서 가장 높았다($P<0.05$). IFN- γ 에는 유의적인 차이를 보이지 않았으나, IL-6에서는 HS 0.1% 처리구에서 가장 높은 수준을 보였다($P<0.05$). 결론적으로 고구마 ‘통채루’의 잎과 줄기 건조 형태와 첨가량에 따라 육계의 계육 품질과 체내 호르몬 및 면역 인자 수준이 다르게 나타났으며, 추가적인 연구로 효과적인 첨가제, 첨가량과 미첨가구에 대한 비교가 필요할 것으로 판단된다.

(색인어: 육계, 부산물, 사료첨가제, 생산성, 고구마)

사 사

본 연구는 2023년 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업과 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ-017235)의 지원에 의해 이루어진 것으로 이에 감사드립니다.

ORCID

Woo-Do Lee	https://orcid.org/0000-0003-4861-4637
Hyunsoo Kim	https://orcid.org/0000-0001-8887-1318
Jiseon Son	https://orcid.org/0000-0002-5285-8186
Eui-Chul Hong	https://orcid.org/0000-0003-1982-2023
Hee-Jin Kim	https://orcid.org/0000-0002-6959-9790
Yeon-Seo Yun	https://orcid.org/0000-0001-6950-0415
Hyekyoung Shin	https://orcid.org/0009-0003-0984-6811

Hwan-Ku Kang <https://orcid.org/0000-0002-4286-3141>

REFERENCES

- Abdul Basit M, Abdul Kadir A, Loh TC, Abdul Aziz S, Salleh A, Kaka U, Banke Idris S. 2020 Effects of inclusion of different doses of *Persicaria odorata* leaf meal (POLM) in broiler chicken feed on biochemical and haematological blood indicators and liver histomorphological changes. *Animals* 10(7):1209.
- Ahmat M, Cheng J, Abbas Z, Cheng Q, Fan Z, Ahmad B, Hou M, Osman G, Guo H, Wang J, Zhang R. 2021 Effects of *Bacillus amyloliquefaciens* LFB112 on growth performance, carcass traits, immune, and serum biochemical response in broiler chickens. *Antibiotics* 10(11):1427.
- Ahsan U, Kuter E, Raza I, Köksal BH, Cengiz Ö, Yıldız M, Kızanlık PK, Kaya M, Tatlı O, Sevim Ö. 2018 Dietary supplementation of different levels of phytogenic feed additive in broiler diets: the dynamics of growth performance, caecal microbiota, and intestinal morphometry. *Braz J Poult Sci* 20:737-746.
- Alqhtani AH, Qaid MM, Al-Garadi MA, Al-abdullatif AA, Alharthi AS, Al-Mufarrej SI. 2022 Efficacy of *Rumex nervosus* leaves or *Cinnamomum verum* bark as natural growth promoters on the growth performance, immune responsiveness, and serum biochemical profile of broiler chickens. *Ital J Anim Sci* 21(1):792-801.
- Amad AA, Männer K, Wendler KR, Neumann K, Zentek J. 2011 Effects of a phytogenic feed additive on growth performance and ileal nutrient digestibility in broiler chickens. *Poult Sci* 90(12):2811-2816.
- Amad AA, Wendler KR, Zentek J. 2013 Effects of a phytogenic feed additive on growth performance, selected blood criteria and jejunal morphology in broiler chickens. *EJFA* 549-554.
- Ansari J, Khan SH, ul Haq A, Yousaf M. 2012 Effect of the levels of *Azadirachta indica* dried leaf meal as phytogenic feed additive on the growth performance and haemato-biochemical parameters in broiler chicks. *J Appl Anim Res* 40(4):336-345.
- Bai C, Chen R, Zhang Y, Bai H, Tian L, Sun H, Li D, Wu W. 2023 Comparison in structural, physicochemical and functional properties of sweet potato stems and leaves polysaccharide conjugates from different technologies. *Int J Biol Macromol* 247:125730.
- Barakat D, El-Far A, Sadek K, Mahrous U, Ellakany H, Abdel-Latif M. 2016 Anise (*Pimpinella anisum*) enhances the growth performance, immunity and antioxidant activities in broilers. *Int J Pharm Sci Rev Res* 37(24):134-140.
- Begum M, Hossain MM, Kim IH. 2014 Effects of the plant extract YGF251 on growth performance, meat quality, relative organ weight, nutrient digestibility and blood profiles in broiler chickens: possible role of insulin-like growth factor 1. *Vet Med* 59(9).
- Chang HH, Lan YC, Chung SD, Chien CT. 2021 Sweet potato leaf feeding decreases cholesterol, oxidative stress and thrombosis formation in Syrian hamsters with a high-cholesterol diet. *Life* 11(8):802.
- Chang Q, Lu Y, Lan R. 2020 Chitosan oligosaccharide as an effective feed additive to maintain growth performance, meat quality, muscle glycolytic metabolism, and oxidative status in yellow-feather broilers under heat stress. *Poult Sci* 99(10):4824-4831.
- Chumroenphat T, Somboonwatthanakul I, Saensouk S, Siriamornpun S. 2021 Changes in curcuminoids and chemical components of turmeric (*Curcuma longa* L.) under freeze-drying and low-temperature drying methods. *Food Chem* 339:128121.
- de Ancos B, Sánchez-Moreno C, Zacarías L, Rodrigo MJ, Sáyago Ayerdi S, Blancas Benítez FJ, Domínguez Avila JA, González-Aguilar GA. 2018 Effects of two different drying methods (freeze-drying and hot air-drying) on the phenolic and carotenoid profile of 'Ataulfo' mango by-products. *J Food Meas Charact* 12:2145-2157.
- Ding Y, Jiang X, Yao X, Zhang H, Song Z, He X, Cao R. 2021 Effects of feeding fermented mulberry leaf powder on growth performance, slaughter performance, and meat quality in chicken broilers. *Animals* 11(11):3294.
- Du J, Zhao Y, Wang Y, Xie M, Wang R, Liu N, An X, Qi J. 2022 Growth, carcass characteristics, meat quality, nutrient digestibility and immune function of broilers fed with enzymatically treated or raw dandelion (*Taraxacum*

- mongolicum* hand.-mazz.). Ital J Anim Sci 21(1):1117-1125.
- Elgabib HA, El-Amin WIA, Malik HE 2015 Effect of dietary garlic (*Allium sativum*) supplementation as feed additive on broiler performance and blood profile.
- Elgabry RM, Sedeek MS, Meselhy KM, Fawzy GA 2023 A review on the potential health benefits of Sweet Potato: insights on its preclinical and clinical studies. Int J Food Sci Technol 58(6):2866-2872.
- Ghozlan SA, El-Far AH, Sadek KM, Abourawash AA, Abdel-Latif MA 2017 Effect of rosemary (*Rosmarinus officinalis*) dietary supplementation in broiler chickens concerning immunity, antioxidant status, and performance. Alex J Vet Sci 55(1):152-161.
- Hong CY, Jo YJ, Kim MY, Chung MN, Choi EK, Kim YB, Lee J, Jeong HS 2022 Biological activities of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) tips and tubers. Food Sci Nutr 10(11):4041-4048.
- Hsu CL, Chen W, Weng YM, Tseng CY 2003 Chemical composition, physical properties, and antioxidant activities of yam flours as affected by different drying methods. Food Chem 83(1):85-92.
- Hu CH, Wang DG, Pan HY, Zheng WB, Zuo AY, Liu JX 2012 Effects of broccoli stem and leaf meal on broiler performance, skin pigmentation, antioxidant function, and meat quality. Poult Sci 91(9):2229-2234.
- Huang H, Wang X, Yang L, He W, Meng T, Zheng K, Xia X, Zhou Y, He J, Liu C, Zou S, Xiao D 2022 The effects of fenugreek extract on growth performance, serum biochemical indexes, immunity and NF- κ B signaling pathway in broiler. Front vet sci 9:882754.
- Ishii M, Ikeda N, Miyata H, Takahashi M, Nishimura M 2022 Purple sweet potato leaf extracts suppress adipogenic differentiation of human bone marrow-derived mesenchymal stem cells. J Food Biochem 46(2):e14057.
- Jang IS, Ko YH, Kang SY, Lee CY 2007 Effect of a commercial essential oil on growth performance, digestive enzyme activity and intestinal microflora population in broiler chickens. Anim Feed Sci Technol 134(3-4):304-315.
- Johnson M, Pace RD 2010 Sweet potato leaves: properties and synergistic interactions that promote health and prevent disease. Nutr Rev 68(10):604-615.
- Kamboh AA, Zhu WY 2013 Effect of increasing levels of bioflavonoids in broiler feed on plasma anti-oxidative potential, lipid metabolites, and fatty acid composition of meat. Poult Sci 92(2):454-461.
- Kamboh AA, Zhu WY 2013 Individual and combined effects of genistein and hesperidin supplementation on meat quality in meat type broiler chickens. J Sci Food Agric 93(13):3362-3367.
- Khubeiz MM, Shirif AM 2020 Effect of coriander (*Coriandrum sativum* L.) seed powder as feed additives on performance and some blood parameters of broiler chickens. Open Vet J 10(2):198-205.
- Lee WD, Kothari D, Moon SG, Kim J, Kim KI, Ga GW, Kim YG, Kim SK 2022 Evaluation of non-fermented and fermented Chinese chive juice as an alternative to antibiotic growth promoters of broilers. Animals 12(20):2742.
- Li K, Zhang P, Shi B, Su J, Yue Y, Tong M, Yan S 2017 Dietary *Artemisia ordosica* extract alleviating immune stress in broilers exposed to lipopolysaccharide. Ital J Anim Sci 16(2):301-307.
- Liu Y, Luo M, Liu F, Feng X, Ibrahim SA, Cheng L, Huang W 2020 Effects of freeze drying and hot-air drying on the physicochemical properties and bioactivities of polysaccharides from *Lentinula edodes*. Int J Biol Macromol 145:476-483.
- Ma Q, Santhanam RK, Xue Z, Guo Q, Gao X, Chen H 2018 Effect of different drying methods on the physicochemical properties and antioxidant activities of mulberry leaves polysaccharides. Int J Biol Macromol 119:1137-1143.
- Mashayekhi H, Mazhari M, Esmaeilipour O 2018 Eucalyptus leaves powder, antibiotic and probiotic addition to broiler diets: effect on growth performance, immune response, blood components and carcass traits. Animal 12(10):2049-2055.
- Mir NA, Rafiq A, Kumar F, Singh V, Shukla V 2017 Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them: a review. J Food Sci Technol 54:2997-3009.
- Nallan Chakravartula SS, Moscetti R, Farinon B, Vinciguerra

- V, Merendino N, Bedini G, Neri L, Pittia P, Massantini R 2021 Stinging nettles as potential food additive: effect of drying processes on quality characteristics of leaf powders. *Foods* 10(6):1152.
- Nantapo CWT, Marume U 2022 Exploring the potential of *Myrothamnus flabellifolius* Welw.(resurrection tree) as a phytogetic feed additive in animal nutrition. *Animals* 12 (15):1973.
- Odetola OM, Adejinmi OO, Owosibo OA, Banjo OT, Awodola-Peters OO 2019 Research article growth response, serum biochemistry and organ histopathology of broilers fed diets supplemented with graded levels of *Petiveria alliacea* root meal. *Int J Poult Sci* 18:45-50.
- Omer HA, Ahmed SM, Abdel-Magid SS, El-Mallah GM, Bakr AA, Abdel Fattah MM 2019 Nutritional impact of inclusion of garlic (*Allium sativum*) and/or onion (*Allium cepa* L.) powder in laying hens' diets on their performance, egg quality, and some blood constituents. *Bull Natl Res Cent* 43:1-9.
- Ouyang K, Xu M, Jiang Y, Wang W 2016 Effects of alfalfa flavonoids on broiler performance, meat quality, and gene expression. *Can J Anim Sci* 96(3):332-341.
- Papoutsis K, Pristijono P, Golding JB, Stathopoulos CE, Bowyer MC, Scarlett CJ, Vuong QV 2017 Effect of vacuum drying, hot air drying and freeze drying on polyphenols and antioxidant capacity of lemon (*Citrus limon*) pomace aqueous extracts. *Int J Food Sci Technol* 52 (4):880-887.
- Purnama MTE, Ernanda EP, Fikri F, Purnomo A, Khairani S, Chhetri S 2021 Effects of dietary supplementation with breadfruit leaf powder on growth performance, meat quality, and antioxidative activity in Japanese quail. *Vet World* 14(7):1946.
- Saifullah M, McCullum R, McCluskey A, Vuong Q 2019 Effects of different drying methods on extractable phenolic compounds and antioxidant properties from lemon myrtle dried leaves. *Heliyon* 5(12):e03044.
- Salajegheh A, Salarmoini M, Afsharmanesh M, Salajegheh MH 2018 Growth performance, intestinal microflora, and meat quality of broiler chickens fed lavender (*Lavandula angustifolia*) powder. *J livest sci technol* 6(1):31-38.
- Shehata AA, Yalçın S, Latorre JD, Basiouni S, Attia YA, Abd El-Wahab A, Visscher C, El-Seedi HR, Huber C, Hafez HM, Eisenreich W, Tellez-Isaias G 2022 Probiotics, prebiotics, and phytogetic substances for optimizing gut health in poultry. *Microorganisms* 10(2):395.
- Shen MM, Zhang LL, Chen YN, Zhang YY, Han HL, Niu Y, He JT, Zhang YL, Cheng YF, Wang T 2019 Effects of bamboo leaf extract on growth performance, meat quality, and meat oxidative stability in broiler chickens. *Poult Sci* 98(12):6787-6796.
- Taira J, Taira K, Ohmine W, Nagata J 2013 Mineral determination and anti-LDL oxidation activity of sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) leaves. *J Food Compost Anal* 29(2): 117-125.
- Toghyani M, Toghyani M, Gheisari A, Ghalamkari G, Mohammadrezaei M 2010 Growth performance, serum biochemistry and blood hematology of broiler chicks fed different levels of black seed (*Nigella sativa*) and peppermint (*Mentha piperita*). *Livest Sci* 129(1-3):173-178.
- Wang Y, Dong Z, Song D, Zhou H, Wang W, Miao H, Wang L, Li A 2018 Effects of microencapsulated probiotics and prebiotics on growth performance, antioxidative abilities, immune functions, and caecal microflora in broiler chickens. *Food Agric Immunol* 29(1):859-869.
- Wu Z 2015 Effect of different drying methods on chemical composition and bioactivity of finger citron polysaccharides. *Int J Biol Macromol* 76:218-223.
- Xiao Y, Wu C, Li K, Gui G, Zhang G, Yang H 2017 Association of growth rate with hormone levels and myogenic gene expression profile in broilers. *J Anim Sci Biotechnol* 8(1):1-7.
- Xie P, Deng Y, Huang L, Zhang C 2022 Effect of olive leaf (*Olea europaea* L.) extract addition to broiler diets on the growth performance, breast meat quality, antioxidant capacity and caecal bacterial populations. *Ital J Anim Sci* 21(1):1246-1258.
- Yang L, Xi Y, Luo XY, Ni H, Li HH 2019 Preparation of peroxidase and phenolics using discarded sweet potato old stems. *Sci Rep* 9(1):3769.