

ARTICLE

육계에서 프로안토시아니딘 (Proanthocyanidin)의 사료 내 첨가
 급여가 생산성, 혈액특성, 면역조절능 및 닭고기 품질에 미치는
 영향

김동욱¹ · 노환국¹ · 김상호^{2*}

¹국립한국농수산대학 가금학과

²농촌진흥청 국립축산과학원 영양생리팀

Efficacy of Dietary Supplementation of Proanthocyanidin on
 Growth Performance, Blood Characteristics,
 Immunomodulation, and Meat Quality in Broiler Chicks

Dong-Wook Kim¹, Whan-Gook Nho¹, Sang-Ho Kim^{2*}

¹Department of Poultry Science, Korea National College of Agriculture and Fisheries,
 Jeonju 54874, Korea

²Animal Nutrition and Physiology Team, National Institute of Animal Science, RDA,
 Wanju 55365, Korea

Received: September 5, 2020

Revised: October 24, 2020

Accepted: November 3, 2020

*Corresponding author :

Sang-Ho Kim
 Animal Nutrition and Physiology Team,
 National Institute of Animal Science,
 RDA, Wanju 55365, Korea
 Tel : +82-63-238-7450
 E-mail : kims2051@korea.kr

Copyright © 2020 Resources Science
 Research Institute, Kongju National University.
 This is an Open Access article distributed
 under the terms of the Creative Commons
 Attribution Non-Commercial License ([http://
 creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0](http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0))
 which permits unrestricted non-commercial
 use, distribution, and reproduction in any
 medium, provided the original work is
 properly cited.

ORCID

Dong-Wook Kim
<https://orcid.org/0000-0003-2647-2690>
 Whan-Gook Nho
<https://orcid.org/0000-0001-7016-4658>
 Sang-Ho Kim
<https://orcid.org/0000-0002-7203-8863>

Abstract

This experiment was conducted to investigate the effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on growth performance, blood characteristics, immunomodulation, and meat quality in broiler chicks. A total of two hundred forty two 1-d-old male broiler chicks (Ross 308) were divided into 4 groups with 6 replicates of 10 birds each. The four dietary treatments fed for 6 weeks were : NC (no antibiotics), PC (avilamycin 10 ppm and salinomycin 60 ppm), and grape seed proanthocyanidin treated groups (10 ppm or 100 ppm). The final body weight and body weight gain were significantly increased in PC and proanthocyanidin treated groups compared to NC (p<0.05), and were linearly increased by increasing the level of proanthocyanidin (p<0.05). The feed conversion ratio in all treated group was significantly improved as compared to that of NC (p<0.05). No significant difference among the all groups were observed on blood leukocyte profile. But total white blood cell (WBC), heterophil, lymphocyte, and stress indicator (heterophil : lymphocyte ratio) tended to be decreased by increasing the level of supplemental proanthocyanidin. The levels of blood urea nitrogen (BUN), creatinine, total protein, albumin, globululin, aspartate aminotransferase (AST), and alanine aminotransferase (ALT), which used as the blood biochemical parameters of liver and kidney damages were significantly decreased or tended to be decreased in proanthocyanidin treated groups than those of NC (p<0.05). No significant difference among the all groups were observed on chemical composition of breast meat. Redness (a) and yellowness (b) among meat color were higher those of control (p<0.05). Water holding capacity and cooking yield were significantly increased or tended to be increased in proanthocyanidin treated groups than those of NC (p<0.05). And thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) values of chicken breast meat during storage period were linearly decreased by increasing the level of supplemental turmeric extract (p<0.05). In conclusion, the dietary supplementation of proanthocyanidin improved the growth performance and health states by controlling of reactive oxygen species toxicity. Furthermore, the grape seed proanthocyanidin decreased the chicken breast meat deterioration in relation to storage period. These results suggest the possibility that proanthocyanidin could be used as a functional feed additive for high quality chicken meat production in broiler chicks.

Keywords

Broiler, Proanthocyanidin, Growth performance, Immunomodulation, Chicken meat quality

I. 서론

오늘날 농업과 환경이 조화를 이루며 농업 생산을 지속가능하게 하는 환경친화적 농업의 중요성이 부각되고 있다. 이를 위해서는 농산물 생산·가공·유통 과정에서의 폐기물 발생을 최대한 억제하고 불가피하게 발생된 부산물을 재사용 또는 재활용함으로써 환경에 미치는 영향을 최소화하여야 한다. 특히 ‘고투입-고산출’의 집약적 농업생산시스템으로 발전한 우리나라 농업 특성상 자원순환형 친환경 농업체제로의 전환함으로써 한정된 자원을 보다 효율적으로 이용하는 것이 무엇보다 중요할 것이다. 현재 농산물 생산·가공·유통 과정에서 발생하는 농식품부산물 및 유휴농산물 등은 대부분 제대로 활용되지 못하고 폐기되는 실정으로 이러한 부산물의 사료화 및 고부가가치원화를 통해 가축 생산비 절감은 물론 축산의 긍정적 모습을 부각시킬 수 있다. 이에 따라 최근 농식품부산물 및 유휴농산물 등 국내 부존자원을 활용하여 고품질 안전 축산물을 생산하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다 (Chung *et al.*, 2014; Lee *et al.*, 2018; Park and Kim, 2013).

농식품부산물에는 당, 지방산, 아미노산과 같은 기본 대사에 관여하는 1차 대사산물은 물론 식물체의 호르몬, 곤충 기피·유인 물질, 항생물질 등으로 작용하는 페놀 (phenol), 퀘논 (quinone), 플라본 (flavone), 탄닌 (tannin) 및 쿠마린 (coumarin) 등이 속하는 페놀계 화합물과 방향족 성분인 테르페노이드 (terpenoid)와 에센셜 오일 (essential oil) 그리고 알칼로이드 (alkaloid) 등의 2차 대사산물이 함유되어 있다 (Cowan, 1999). 과거에는 이들 2차 대사산물을 독성물질이나 항영양인자로 취급하였으나, 최근 이들의 항균, 항산화, 항염증, 항암, 간 및 신장 기능 개선, 스트레스 저감, 면역 조절, 노화 방지, 피로 회복, 신경 안정 등의 다양한 생리활성효과가 과학적으로 입증되면서 고부가가치성 식품 및 의약품 소재로 활용하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다 (Jeong *et al.*, 2004; Song *et al.*, 2008; Trevisanato and Kim, 2000). 축산 분야에서도 다양한 종류의 식물 유래 유용물질들이 가축 생산성 증진, 영양소이용률 개선, 건강성 유지 및 축산물 품질 향상 등의 목적으로 이용되어 왔다. 식물체 내 존재하는 생리활성물질은 다양하고 복잡하여 정확한 작용기전은 밝혀지지 않았으나, 가축의 식욕 및 소화 촉진, 장관 내 병원균 증식 억제를 통한 장관 안정화, 장관 자극에 의한 장관 면역 증가와 소화효소 분비 촉진 등의 작용을 통해 가축의 생리 및 대사 활동에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고되고 있다 (Acamovic *et al.*, 2005; Guo *et al.*, 2004; Wang *et al.*, 1998).

포도 (*Vitis vinifera* L.)는 세계 과일 생산량의 30% 가량을 차지할 정도로 전 세계적으로 광범위하게 재배되고 있는 과일 중 하나로, 국내에서도 일반 가정은 물론 음료 및 주류 가공에도 이용되어 포도 과피, 씨 등 포도가공부산물이 매년 대량 발생하고 있으며, 이들의 고부가가치원화에 대한 관심이 역시 커지고 있다 (Yook *et al.*, 2010). 특히, 포도의 생리활성물질 중 하나인 프로안토시아니딘 (proanthocyanidins)은 폴리페놀 (polyphenol) 성분으로 대표적인 항산화물질인 비타민 E의 20배, 비타민 C의 50배에 달하는 강력한 항산화능력을 발휘하는 것으로 알려져 있어, 이를 기능성 사료 소재로 활용하기 위한 여러 연구가 수행되었으며, 육계 생산성 및 건강성 개선 등의 효과가 보고된 바 있다 (Hou *et al.*, 2000; Nyamambi *et al.*, 2000; Rajput *et al.*, 2019; Wang *et al.*, 2008; Yang *et al.*, 2017).

따라서 본 연구는 산업적으로 활용 가치가 높은 포도가공부산물 중 포도씨에서 추출한 프로안토시아니딘의 사료 내 첨가 급여가 육계 생산성, 혈액 특성, 면역조절능 및 닭고기 품질에 미치는 영향을 구명하는 동시에 고품질 안전 양계산물 생산을 위한 기능성 사료소재로서의 이용 가능성을 확인함으로써 농식품부산물의 사료화 및 고부가가치원화 모델을 제시하고자 수행되었다.

II. 재료 및 방법

공시재료

건조·분쇄된 포도씨를 아세트:물:초산 (70.0:29.5:0.5, v/v/v) 혼합 용액에서 72시간 동안 침지하여

실온에서 추출하고, 감압증류를 통해 아세톤을 제거하였다. 아세톤이 제거된 추출액에 헥산을 처리한 후 하단의 물층만 회수하고, 이를 탈지강에 혼합·균질화하여 10 중량 %의 프로안토시아니딘을 함유한 사료첨가용 조성물을 제조·이용하였다.

시험동물 및 시험설계

1일령 육계 수평아리 (Ross 308) 240수를 공시하여 4처리, 6반복, 반복당 10수씩 배치하고, 6주간 사양실험을 실시하였다. 항생제 무첨가구 (NC)와 항생제 첨가구 (PC, avilamycin 10ppm)를 대조구로 하였으며, 기초사료에 10 중량 %의 프로안토시아니딘 함유 사료첨가용 조성물을 0.1% 또는 1.0% 첨가하여 프로안토시아니딘 10ppm 및 100ppm 시험구를 두었다.

시험사료 및 사양관리

기초시험사료는 NRC (1994) 및 한국가금사양표준 (2012)에 근거하여 초이 (0~7일, 대사에너지 3,050kcal/kg, 조단백질 22%), 전기 (8~21일, 대사에너지 3,100 kcal/kg, 조단백질 20%), 후기 (22~42일, 대사에너지 3,150 kcal/kg, 조단백질 19%) 사료로 구분하였다. 기초사료 배합비 및 영양소 조성은 Table 1에 제시하였으며, 기초사료에 10 중량 %의 프로안토시아니딘 함유 사료첨가용 조성물을 첨가·배합하여 사료 중 프로안토시아니딘 농도가 10 ppm 또는 100 ppm이 되도록 하였다. 사양실험 전 기간 동안 육계 전용 철제케이지 (가로 75cm×세로 60cm×높이 55cm)에서 사육하였으며, 사료급여 및 급수기 개수는 케이지별 동일하게 배치하였다. 사료와 물은 자유채식 및 자유음수시켰으며, 입추 후 3일은 24시간 종일점등을 실시하였고, 이후 시험종료시까지 23시간 점등을 실시하였다.

조사항목 및 방법

1) 육계 생산성

육계사양시험 개시 (1일령), 전기 (21일령), 후기 (42일령) 종료시에 반복별로 생체중 및 사료잔량을 측정하여 개체별 증체량 및 사료섭취량을 구하였다. 이렇게 조사된 증체량과 사료섭취량을 통해 사료요구율을 산출하였다.

2) 혈액 특성

백혈구 조성 및 혈액 생화학 조성을 조사하기 위하여 시험 종료시 처리구당 12수씩 선발하여 익하정맥에서 혈액 채취하였다. 백혈구 조성은 K3-EDTA가 처리된 혈액 튜브에 전혈 1 mL씩을 담아 혈액 채취 후 24시간 이내에 자동혈구분석기 (HEMAVET[®] HV950PS, Drew Scientific, Inc.)로 분석하였다. 혈액 생화학 조성은 응고된 혈액을 원심분리 (2,000 rpm, 5분)를 통해 혈청을 분리한 후, 자동혈액 분석기 (COBAS MIRA plus, ROCHE diagnostics)를 이용하여 blood urea nitrogen (BUN), creatinine, total protein, albumin, globulin, aspartate aminotransferase (AST), alanine aminotransferase (ALT)를 분석하였다.

3) 혈액 ND 및 IB 항체역가

혈액 ND 및 IB 항체역가를 조사하기 위해 2주령에 ND/IB 혼합 생독 백신을 분무 접종하고, 4주령에 추가적으로 재접종했다. 백신 접종 후 7일, 14일째에 처리구별로 12수씩 혈액을 채취하여 분석에 이용하였다. ND 항체 역가는 HI test (haemagglutination inhibition test)로 분석하였으며, IB 항체 역가는 IB ELISA kit (Synbiotics Co., USA)을 이용하여 분석하였다.

Table 1. Formula and calculated nutritional values of the basal diet

Ingredients	Starter (0~7d)	Grower (8~21d)	Finisher (22~42d)
		----- % -----	
Corn	51.50	60.35	64.16
Wheat grain	4.50	1.65	0.60
Soybean meal	31.65	25.82	23.04
Corn gluten meal	5.00	5.00	5.00
Soybean oil	2.95	3.12	3.41
L-Lysine (99.0%)	0.45	0.39	0.31
DL-Methionine (99.0%)	0.32	0.22	0.21
Threonine (98.5%)	0.03	0.04	0.05
Tricalcium phosphate	1.75	1.52	1.32
Limstone	0.90	0.89	0.95
Salt	0.45	0.45	0.45
Vitamin-mineral mixture ¹⁾	0.50	0.55	0.50
Total	100.00	100.0	100.0
Chemical composition ²⁾			
ME (kcal/kg)	3,047.70	3,100.9	3,150.6
Dry matter (%)	84.45	84.40	84.50
Crude protein (%)	22.73	20.24	19.04
Crude fat (%)	6.63	5.89	6.27
Crude fiber (%)	3.35	2.89	2.81
Crude ash (%)	3.05	2.43	2.28
Lysine (%)	1.46	1.25	1.10
Methionine (%)	0.65	0.54	0.50
Methionine+cystine (%)	1.05	0.92	0.77
Threonine (%)	0.96	0.86	0.81
Calcium (%)	1.00	0.90	0.85
Available phosphorus (%)	0.45	0.40	0.35

¹⁾ Vitamin-mineral mixture provided following nutrients per kg of diet: vitamin A, 15,000 IU; vitamin D₃, 1,500 IU; vitamin E, 20.0 mg; vitamin K₃, 0.70 mg; vitamin B₁₂, 0.02 mg; niacin, 22.5 mg; thiamin, 5.0 mg; folic acid, 0.70 mg; pyridoxin, 1.3 mg; riboflavin, 5 mg; pantothenic acid, 25 mg; choline chloride, 175 mg; Mn, 60 mg; Zn, 45 mg; I, 1.25 mg; Cu, 10.0 mg; Fe, 72 mg; Co, 2.5 mg.

²⁾ Calculated value.

4) 닭고기 물리·이화학적 특성

닭고기 물리·이화학적 특성을 조사하기 위해 시험 종료시 생체중의 평균 범위에 해당하는 개체를 처리구당 6수씩 희생시켜 가슴육을 채취하여 분석에 이용하였다. 닭고기 일반성분은 AOAC 방법 (2007)을 기초로 하여 분석하였다. 수분 함량은 105°C 상압가열 건조법, 조단백질 함량은 Kjeldahl 법으

로 측정된 질소량에 질소계수 6.25를 곱하여 산출하였으며, 조지방 함량은 Soxhlet 추출법, 조회분 함량은 직접 회화법으로 측정하였다. 닭고기 pH는 가슴육 1g을 정량하여 증류수 9mL에 넣어 균질화한 후, pH meter (Orion 410A, USA)를 이용하여 측정하였다. 육색은 색차계 (Chromameter CR-400, Minolta, Japan)를 이용하여 명도 (L값), 적색도 (a값), 황색도 (b값)에 대한 CIE (Commission International de Leclairage) 값을 측정하였다. 이때 사용한 표준색은 Y=93.5, X=0.3132, y=0.3198인 백색 표준판을 이용하여 표준화하였다. 가열수율은 가슴육을 2.5 cm 두께로 절단하고, 항온수조에서 심부온도가 70℃에 도달할 때까지 가열하고, 방냉 후 중량을 측정하여 가열 전·후 중량 차를 백분율로 계산하였다. 전단력은 Wheeler 등(2000)의 방법에 따라 실시하였다. 근섬유방향과 직각이 되도록 절단한 가슴육을 항온수조로 심부온도가 70℃까지 가열한 후 흐르는 물로 방냉하였다. 방냉한 시료에서 직경 1.27cm 코어로 분석시료를 채취하고 Instron (Model 4465, Instron Corp., USA)을 이용하여 전단력을 반복 측정하였다. 보수력은 paper press법을 응용하여 특수 제작된 plexiglass plate 증양에 가슴육을 일정한 압력으로 압착시킨 후 육편 및 수분 면적을 planimeter로 측정하여 산출하였다.

5) 닭고기 저장 안전성

시험 종료시 생체중의 평균 범위에 해당하는 개체를 처리구당 6수씩 희생시킨 후, 가슴육을 채취하여 4℃ 냉장보관을 하였다가 0일, 7일 경과 후 닭고기 내 지방과산화물 (TBARS, thiobarbituric acid reactive substances) 및 단백질변성도 (VBN, volatile basic nitrogen)를 분석하였다. 지방과산화물가는 Beuge와 Aust (1978)의 방법을 변형하여 지방 과산화시 형성되는 malondialdehyde (MDA) 함량을 측정하여 MDA mg/mL로 나타내었으며, 단백질변패도는 高坂 (1978)의 방법을 이용하여 volatile basic nitrogen (VBN)을 측정하였다.

통계처리

모든 자료들의 통계분석은 Statistical Analysis System (SAS release ver 9.1, 2002)의 General Linear Model procedure를 이용하여 분산분석을 실시하였고, 처리구간에 유의성은 Duncan's multiple range-test (Duncan, 1955)를 이용하여 오차범위 5% 수준에서 검정하였다.

III. 결과 및 고찰

육계생산성

포도씨 추출 프로안토시아니딘의 사료 내 첨가 급여가 육계 생산성에 미치는 영향은 Table 2에

Table 2. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on growth performance in broiler chicks^{1),2)}

	NC	PC	Proanthocyanidin		SEM	p-value
			10ppm	100ppm		
Initial body weight (g/bird)	42.5	42.3	42.4	42.3	0.03	0.19
Final body weight (g/bird)	2,236.3 ^c	2,417.9 ^a	2,398.3 ^b	2,405.6 ^a	4.37	<0.05
Body weight gain (g/bird/d)	62.7 ^c	67.8 ^a	67.3 ^a	67.5 ^a	0.35	<0.05
Feed intake (g/bird/d)	109.0	110.6	111.1	112.1	0.78	0.34
Feed conversion ratio	1.74 ^a	1.63 ^c	1.66 ^b	1.65 ^{bc}	0.01	<0.01

¹⁾ Data are least squares means of 6 observations per treatment.

²⁾ NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

^{a-c} Means within the same row with no common superscripts differ significantly ($p < 0.05$).

제시하였다. 프로안토시아닌 사료 내 첨가 급여시 종료체중 및 일당증체량은 항생제 무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 증가하였으며, 100 ppm 첨가구의 종료체중은 2,405.6 g으로 항생제 첨가구 (PC) 2,417.9 g과 유사한 결과를 보였다 ($p < 0.05$). 사료요구율 역시 항생제 무첨가구(NC)에 비해 유의적으로 개선되는 결과를 나타냈으나, 항생제 첨가구 (PC)에는 미치지 못하였다 ($p < 0.05$).

포도가공부산물 분말 및 추출물 또는 프로안토시아닌을 육계에 사료 내 첨가 급여한 연구가 일부 수행되어 육계 생산성에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고하였다 (Hou *et al.*, 2019; Yang *et al.*, 2016). Yang 등 (2016)은 육계에 포도 유래 프로안토시아닌을 7.5 ppm, 15.0 ppm 또는 30.0 ppm 수준으로 사료 내 첨가 급여한 시험을 통해 프로안토시아닌 사료 내 첨가 급여시 위장관 발달 촉진 및 체내 항산화력 증진 등의 작용을 통해 육계 생산성을 개선하였다고 보고하였다. Hou 등 (2019) 역시 포도씨 추출 프로안토시아닌 100 ppm, 200 ppm 및 400 ppm 첨가 급여한 육계사양시험을 실시한 결과, 프로안토시아닌 400 ppm 첨가구에서 종료체중 및 가슴육 중량이 가장 높게 나타났다고 보고하였다. 또한 Rajput 등 (2017)은 아플라톡신 B₁ (Aflatoxins B₁)에 노출된 육계에게 포도씨 추출 프로안토시아닌의 독성 완화 효과를 조사한 연구에서 포도씨 추출 프로안토시아닌이 아플라톡신에 의한 독성을 효과적으로 완화하여 일당증체량 및 사료요구율이 유의적으로 개선시켰다고 보고하였다. 이외에도 소나무 및 수수 등에서 추출한 프로안토시아닌을 육계사료에 첨가 급여한 시험에서도 소화효소 분비 및 위장관 발달 촉진 등으로 육계 생산성이 개선되었다고 보고하였다 (Nyamambi *et al.*, 2000; Park *et al.*, 2010).

본 연구에서도 기존 선행연구들과 유사하게 포도씨 추출 프로안토시아닌의 사료 내 첨가 급여가 체중, 증체량 및 사료요구율 등 육계생산성에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

백혈구 조성

육계에 대한 포도씨 추출 프로안토시아닌의 사료 내 첨가 급여에 따른 백혈구 조성 변화는 Table 3에 나타난 바와 같다. White blood cell (WBC), heterophil, lymphocyte 및 heterophil/lymphocyte 모두 항생제 및 프로안토시아닌 첨가구에서 감소하는 경향은 보였으나, 통계적으로 유의성은 인정되지 않았다.

육계를 대상으로 한 포도부산물 및 프로안토시아닌에 의한 백혈구 조성 변화를 조사한 연구는 거의 수행된 바 없어 직접적인 비교는 어려우나, *in vitro* 및 실험동물을 대상으로 수행된 일부 시험에서 산화적 스트레스에 의한 백혈구 DNA 손상 예방 효과를 보고한 바 있다 (Huang *et al.*, 2016; Yun *et al.*, 2019). 또한 Abbas 등 (2017)과 Park 등 (2010)은 프로안토시아닌 함유 소나무 수피 추출물을 육계에 첨가 급여한 시험에서 프로안토시아닌 함유 소나무 추출물이 lymphocyte 등 면역세포의

Table 3. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on leukocytes profile in broiler chicks^{1,2)}

	NC	PC	Proanthocyanidin		SEM	p-value
			10ppm	100ppm		
White blood cell (K/ μ L)	31.24	26.99	27.32	26.35	0.85	0.33
Heterophil (K/ μ L)	11.07	9.77	10.08	9.16	0.23	0.33
Lymphocyte (K/ μ L)	16.93	15.52	15.94	15.13	0.40	0.21
Heterophil/lymphocyte	0.65	0.63	0.63	0.61	0.03	0.08

¹⁾ Data are least squares means of 12 observations per treatment.

²⁾ NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

활성과 증식을 유의적으로 증가시켰다고 보고하였다

본 연구 결과, 포도씨 추출 프로안토시아니딘의 첨가 급여에 따른 백혈구 조성의 유의적인 변화는 관찰되지 않았으나, 추후 스트레스 노출 및 면역 유도 상황에서는 다른 결과가 나타날 수 있을 것으로 사료된다.

혈액 생화학 조성

포도씨 추출 프로안토시아니딘의 육계사료 내 첨가 급여가 혈액 생화학적 지표에 미치는 영향은 Table 4에 제시한 바와 같다. 프로안토시아니딘 첨가 급여시 혈액 내 간 및 신장 손상 지표인 AST와 ALT가 대조구에 비해 유의적으로 감소하였으며 ($p < 0.05$), BUN, creatinine, total protein, albumin, globlulin 역시 다소 감소하는 경향은 보였으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

프로안토시아니딘은 강력한 항산화 작용을 통해 체내 존재하는 유리기 (free radical)를 효율적으로 제거하여 염증 또는 병성 반응에 의한 간, 신장 등 주요 조직의 손상을 완화한다고 세포·조직 또는 실험동물을 이용한 다수의 연구에서 보고되고 있다 (Yun et al., 2020; Zhang et al., 2010). 또한 콕시 독원충 및 아플라톡신에 노출된 육계에 대한 프로안토시아니딘의 병·독성 완화 효과를 조사한 연구들에서 프로안토시아니딘의 첨가 급여시 AST, ALT 등 혈액 내 간·신장 손상 지표가 유의하게 감소하였다고 보고한 바 있다(Rajput et al., 2017; Wang et al., 2008).

본 연구 결과에서도 포도씨 추출 프로안토시아니딘의 강력한 항산화 작용에 의해 간, 신장 등 조직의 손상을 예방하여 육계 건강 유지에 긍정적인 영향을 미친 것으로 판단되었다.

혈액 ND 및 IB 항체역가

육계 4주령에 뉴캐슬병 (ND, newcastle disease) 및 닭전염성기관지염 (IB, infectious bronchitis) 백신을 추가 분무 접종하고, 기간 경과 (7일, 14일)에 따른 혈액 내 항체역가 변화를 조사한 결과는 Table 5에 제시한 바와 같다. ND 항체 역가는 포도씨 추출 프로안토시아니딘 첨가구에서 대조구에 비해 유의하게 증가하였으나 ($p < 0.05$), IB 항체역가는 개체 간 편차가 커 수치적으로는 증가하는 경향은 보였으나, 통계적 유의성이 인정되지 않았다.

프로안토시아니딘의 사료 내 첨가 급여가 육계 항체역가에 미치는 영향을 조사한 연구는 없으나,

Table 4. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on blood biochemical parameters in broiler chicks^{1,2)}

	NC	PC	Proanthocyanidin		SEM	p-value
			10ppm	100ppm		
BUN (mg/dL)	3.22	3.30	3.05	3.23	0.25	0.17
Creatinine (mg/dL)	0.35	0.31	0.24	0.25	0.03	0.11
Total protein (mg/dL)	5.70	5.54	5.48	5.13	0.11	0.09
Albumin (mg/dL)	2.46	2.34	2.37	2.15	0.25	0.07
Globlulin (mg/dL)	3.24	3.20	3.21	2.98	0.14	0.08
Albumin/globlulin	0.76	0.73	0.74	0.72	0.01	<0.05
AST (U/L)	288.35 ^a	270.54 ^b	265.12 ^c	257.97 ^c	3.25	<0.01
ALT (U/L)	10.52 ^a	8.75 ^b	8.69 ^b	8.51 ^b	0.34	<0.01

¹⁾ Data are least squares means of 6 observations per treatment.

²⁾ NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

^{a-c} Means within the same row with no common superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

Table 5. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on antibody titres against ND and IB vaccines in broiler chicks^{1),2)}

	NC	PC	Proanthocyanidin		SEM	p-value
			10ppm	100ppm		
ND titre (log10)						
0d	2.13	1.88	1.80	1.83	0.11	0.17
7d	2.38 ^b	2.75 ^b	4.25 ^a	4.50 ^a	0.16	<0.05
14d	5.50 ^c	5.50 ^c	5.88 ^b	7.00 ^a	0.16	<0.05
IB titre (log10)						
0d	0.00	0.00	0.50	0.50	0.05	0.18
7d	0.50	1.25	1.65	1.63	0.06	0.15
14d	0.75	1.13	1.73	1.85	0.11	0.21

¹⁾ Data are least squares means of 6 observations per treatment.

²⁾ NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

^{a-c} Means within the same row with no common superscripts differ significantly (p<0.05)

식물체 내 존재하는 페놀화합물 등 2차 대사산물의 면역조절기능은 여러 선행연구를 통해 입증된 바 있다 (Xue and Meng, 1996; Zhang *et al.*, 2005). Abbas 등 (2017)은 콕시듐 원충에 감염된 육계에 대한 프로안토시아닌의 면역조절능을 조사한 연구에서 프로안토시아닌이 세포 매개성 면역반응은 물론 체액성 면역반응이 대조구에 비해 유의적으로 증가하였다고 보고하였으며, Park 등(2010) 역시 프로안토시아닌 함유 소나무 수피 추출물 1.25~10.00 ppm 첨가 급여시 말초혈액단핵세포 (peripheral blood mononuclear cell), 비장세포 (splenocyte), 흉선세포 (thymocyte) 등 면역 관련 세포의 활성과 증식이 유의적으로 증가하였다고 보고하였다.

본 연구를 통해 포도씨 추출 프로안토시아닌의 사료 내 첨가 급여가 백신 항체 역가 형성 및 유지에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인할 수 있었다.

닭고기 물리·이화학적 특성

사료 내 프로안토시아닌 첨가 급여가 닭고기 품질에 미치는 영향은 Table 6 및 Table 7에 나타내었다. 닭고기 수분, 조단백질, 조지방, 조회분 함량 등 일반성분에 있어서는 대조구를 비롯한 전 처리구에서 통계적 유의성이 나타나지는 않았으나, 수분 및 조지방 함량은 프로안토시아닌 첨가구에서

Table 6. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on chemical composition of breast meat in broiler chicks^{1),2)}

	NC	PC	Proanthocyanidin		SEM	p-value
			10ppm	100ppm		
----- % -----						
Moisture	75.59	74.68	75.12	74.32	0.18	0.09
Crude protein	1.31	1.56	1.34	1.56	0.09	0.11
Crude fat	21.35	22.16	22.04	22.39	0.17	0.08
Crude ash	1.04	1.07	1.08	1.05	0.01	0.21

¹⁾ Data are least squares means of 6 observations per treatment.

²⁾ NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

Table 7. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on breast meat quality in broiler chicks^{1,2)}

	NC	PC	Proanthocyanidin		SEM	p-value
			10ppm	100ppm		
pH	5.89	5.99	5.90	5.93	0.13	0.11
CIE						
L	45.53	45.20	46.99	44.79	0.55	0.11
a	3.77 ^b	3.90 ^b	4.13 ^{ab}	4.50 ^a	0.21	<0.05
b	8.69 ^c	8.78 ^c	9.18 ^b	9.70 ^a	0.25	<0.05
Cooking yield (%)	74.85 ^c	76.90 ^a	75.80 ^b	77.07 ^a	0.42	<0.05
Shear force (kg/0.5inch ²)	3.00	2.90	2.81	2.77	0.12	0.07
Water holding capacity (%)	59.09 ^b	60.35 ^a	61.19 ^a	61.68 ^a	0.38	<0.05

¹⁾ Data are least squares means of 6 observations per treatment.

²⁾ NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

^{a-c} Means within the same row with no common superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

항생제 무첨가구 (NC)에 비해 다소 감소하는 경향은 보였다. 닭고기 pH는 5.89~5.99로 모든 처리구에서 정상 범위 이내인 것으로 나타났으며, 처리구 간 유의적 차이는 관찰되지 않았다. 닭고기 육색은 명도 (L)에서는 처리구 간 유의적 차이가 나타나지 않았으나, 적색도 (a) 및 황색도 (b)에 있어서는 프로안토시아닌 첨가 수준에 증가할수록 유의적으로 증가하였다 ($p < 0.05$). 가열수율 및 보수력은 프로안토시아닌 첨가구가 대조구인 항생제 무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 증가하였으며 ($p < 0.05$), 전단력은 수치적으로는 감소하는 경향은 보였으나, 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

닭고기 물리·이화학적 특성은 닭고기 품질을 결정하는 주요 요인으로 상호 간 밀접한 연관성을 가지고 있다(Qiao *et al.*, 2002). 포도산물 또는 프로안토시아닌의 사료 내 첨가 급여가 닭고기 품질에 미치는 영향을 조사한 연구는 거의 없으나, 고품질 가공산물 생산 기술 개발을 목적으로 농산부산물, 식물추출물 또는 항균·항산화 성분 등을 활용한 연구는 다수 수행된 바 있으며, 식물체에 존재하는 페놀화합물, 플라보노이드 및 카로티노이드 등의 기능성 성분이 영양대사 조절, 항균·항산화작용 및 착색효과 등으로 닭고기 품질에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 보고하고 있다 (Džinić *et al.*, 2015; Munekata *et al.*, 2020; Shah *et al.*, 2014).

Turcu 등 (2019)은 포도씨박 2.0%을 천연항산화제로 육계에 첨가 급여한 시험을 통해 닭고기 일반 성분에서는 유의적 차이가 없었으나, 다가불포화지방산 함량이 유의적으로 증가하였다고 보고하였으며, Kumanda 등 (2019)은 포도박과 섬유소분해효소를 사료 내 혼합 급여한 시험에서 보수력은 유의적으로 증가하였으나 pH, 전단력, 육색 등에서는 영향이 없었다고 보고하였다. 반면, Jang 등 (2011)은 프로안토시아닌과 함께 포도의 주요 기능성 성분 중 하나인 레스베라트롤 (resveratrol)을 20ppm 및 200ppm 수준으로 육계사료 내 첨가급여한 후, 저장기간별 닭고기 품질 변화를 조사한 시험에서 레스베라트롤 첨가구에서 pH 및 황색도가 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

본 연구 결과, 포도씨 추출 프로안토시아닌의 첨가 급여에 따른 닭고기의 추출수율, 보수력 및 육색 등 닭고기 품질 개선 효과를 확인할 수는 있었으나, 추후 지방산 조성 및 근섬유 조직화학적 특성 등 육질 연관 지표의 추가조사를 통해 작용기전에 대한 구명이 필요할 것으로 사료되었다.

닭고기 저장 안전성

육계사료 내 포도씨 추출 프로안토시아닌의 첨가 급여가 닭고기 저장 안전성에 미치는 영향은 Table 8에 제시한 바와 같다. 저장기간이 경과함에 따라 닭고기 내 지방과산화물 및 단백질변성도

Table 8. Effects of dietary supplementation of grape seed proanthocyanidin on meat storage stability in broiler chicks^{1),2)}

	NC	PC	Proanthocyanidin		SEM	p-value
			10ppm	100ppm		
TBARS (MDA mg/L)						
0d	0.35	0.34	0.31	0.30	0.01	0.12
7d	0.63 ^a	0.65 ^a	0.51 ^b	0.47 ^c	0.02	0.09
VBN (mg %)						
0d	2.77	2.70	2.68	2.64	0.36	0.12
7d	8.52	8.65	8.25	8.12	0.48	0.10

¹⁾ Data are least squares means of 6 observations per treatment.

²⁾ NC, antibiotic-free diet; PC, basal diet with avilamycin+salinomycin.

^{a-c} Means within the same row with no common superscripts differ significantly ($p < 0.05$)

는 지속적으로 증가하였다. 저장 7일차의 지질과산화물가가 프로안토시아닌 첨가 수준이 증가할수록 유의적으로 감소하였으며 ($p < 0.05$), 휘발성 염기태질소 역시 감소하는 경향은 보였으나, 통계적 유의성은 인정되지 않았다.

닭고기 저장성을 높이기 위해 프로안토시아닌 등 식물 유래 항산화성분을 활용한 다수 연구가 진행되었다 (Džinić *et al.*, 2015 Jang *et al.*, 2011; Munekata *et al.*, 2020). Aditya 등 (2018)은 포도박을 0.50%, 0.75%, 1.00% 수준으로 육계에 첨가 급여하고 0, 5, 10일 경과 후의 가슴육 TBAR을 조사한 시험을 통해 포도박 급여수준에 따라 가슴육 내 TBARS가 직선적으로 감소하였다고 보고하였다. 이외 Lau 등 (2003), Turcu 은 (2018) 등 다수의 선행 연구에서도 포도씨 추출물 또는 프로안토시아닌의 강력한 항산화 작용에 의한 닭고기 저장성 개선 효과를 보고하고 있다.

본 연구에서도 포도씨 추출 프로안토시아닌의 사료 내 첨가 급여가 닭고기 저장기간 경과에 따른 지질과산화물 생성을 감소시켜 닭고기 저장 안정성 및 품질 유지에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다는 것을 확인할 수 있었다.

IV. 요약

본 연구는 육계에 대한 포도씨 추출 프로안토시아닌의 사료 내 첨가 급여가 육계 생산성, 혈액 특성, 면역조절능 및 닭고기 품질에 미치는 영향을 조사하여 고품질 닭고기 생산을 위한 기능성 사료 소재로서의 이용 가능성을 확인하고자 수행되었다. 1일령 육계 수평아리 (Ross 308) 240수를 공시하여 4처리, 6반복, 반복당 10수씩 배치하고, 6주간 사양실험을 실시하였다. 시험처리구는 항생제 무첨가구 (NC), 항생제 첨가구 (PC, avilamycin 10 ppm)를 대조구로 하였으며, 프로안토시아닌 10 ppm 및 100 ppm 시험구를 두었다.

포도씨 추출 프로안토시아닌의 사료 내 첨가 급여시 종료체중, 일당증체량, 사료요구율이 항생제 무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 개선되었다 ($p < 0.05$). 백혈구 조성은 대조구를 비롯한 전 처리구에서 유의적 차이가 관찰되지 않았다. 혈액 생화학적 지표 중 AST 및 ALT는 항생제 무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 감소하였으며 ($p < 0.05$), BUN, creatinine, total protein, albumin, globulin 역시 다소 감소하는 경향은 보였으나 통계적 유의성은 인정되지 않았다. 백신접종에 따른 혈액 항체 역가 변화에 있어서는 프로안토시아닌 첨가구가 대조구에 비해 ND 항체역가가 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 닭고기 물리·이화학적 특성에서는 닭고기 일반성분에서는 처리구 간 유의적 차이가 나타

나지 않았으나, 육색 중 적색도 (a)와 황색도 (b)는 프로안토시아닌 첨가수준에 따라 직선적으로 증가하였고 ($p < 0.05$), 가열수율과 보수력 역시 항생제 무첨가구 (NC)에 비해 유의하게 증가하였다 ($p < 0.05$). 닭고기 저장성에 있어서는 닭고기 4°C 냉장 보관 7일차에 프로안토시아닌 첨가구에서 닭고기 내 지질과산화물 및 휘발성 염기태 질소 함량이 유의적으로 감소하거나 감소하는 경향을 보였다 ($p < 0.05$).

본 연구를 통해 포도씨 추출 프로안토시아닌의 육계사료 내 첨가 급여는 육계 생산성 및 건강성에 긍정적인 영향을 미치는 한편, 닭고기 품질 및 저장 안전성을 향상시켜 고품질 닭고기 생산을 위한 기능성 사료소재로서의 이용가능성을 확인할 수 있었다.

V. 참고문헌

1. Abbas A, Iqbal Z, Abbas RZ, Khan MK, Khan JA. 2017. Immunomodulatory activity of *Pinus radiata* extract against coccidiosis in broiler chicken. *Pakistan Vet J* 37:145-149.
2. Acamovic T, Brooker JD. 2005. Biochemistry of plant secondary metabolites and their effects in animals. *Proc Nutr Soci* 64:403-412.
3. Aditya SA, Ohh SJ, Ahammed M, Lohakare J. 2018. Supplementation of grape pomace (*Vitis vinifera*) in broiler diets and its effect on growth performance, apparent total tract digestibility of nutrients, blood profile, and meat quality.
4. AOAC. 1997. Official methods of analysis. 17th (eds) pp. 5-37. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC USA.
5. Buege JA, Aust SD. 1978. Microsomal lipid peroxidation. *Biomembranes-Part C* pp 302-310.
6. Chung SH, Park HW, Kwon BY, Gu GY, Bang SY, Park KS. 2014. Study on the activation plan for utilization of agri-food by-products as raw materials for TMR. *J Kor Grassl Forage Sci* 34:296-306.
7. Cowan MM. 1999. Plant products as antimicrobial agents. *Clin Microbiol Rev* 12:564-582.
8. Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometric* 11:1-42.
9. Džinić N, Puvača N, Tasić T, Ikonić P, Okanović Đ. 2015. How meat quality and sensory perception is influenced by feeding poultry plant extracts. *World's Poult Sci* 71:673-682.
10. Guo FC, Kwakkel RP, Soede J, Williams BA, Verstegen MW. 2004. Effects of a chinese herb medicine formulation, as an alternative for antibiotics on performance of broilers. *Br Poult Sci* 45:793-797.
11. Hou FY, Yang ZQ, Chen CK, Shi K, Jim CF, Chen YJ. 2019. Effect of grape seed proanthocyanidin extract on intestine, slaughter performance, lipid metabolism and meat quality of broilers. *Agri & Life Sci* 45:119-125.
12. Huang YJ, Zhao HN, Cao K, Sun D, Yang YY, Liu C, Cui JG, Cheng Y, Li B, Cai JM, Gao F. 2016. Radioprotective effect of grape seed proanthocyanidins *in vitro* and *in vivo*. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 5706751.
13. Jang AR, Ham JS, Kim DW, Seol KH, Oh MH, Chae HS, Kim SH, Kim DH. 2011. Dietary supplementation of resveratrol and methoxylated resveratrol affects on chicken thigh meat quality. *Korean J Poult Sci* 38:315-322.
14. Jeong SJ, Lee JH, Song HN, Seong NS, Lee SE, Baeg NI. 2004. Screening for antioxidant

- activity of plant medicinal extracts. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 47:135-140.
15. Kumanda C, Mlambo V, Mnisi CM. 2019. Valorization of red grape pomace waste using polyethylene glycol and fibrolytic enzymes: physiological and meat quality responses in broilers. *Animals* 9(10), 779; doi:10.3390/ani9100779.
 16. Lau DW, King AJ. 2003. Pre-and post-mortem use of grape seed extract in dark poultry meat to inhibit development of thiobarbituric acid reactive substances. *J Agric Food Chem* 51:1602-1607.
 17. Lee JH, Kim DH, Lee JH, Kim EJ, Cho SB, Lee SM. 2018. Effect of agricultural by-product supplementation on growth performance and blood parameters of broiler chicken: meta-analysis. *Korean J Poult Sci* 45:81-88.
 18. Munekata PES, Rocchetti G, Pateiro M, Lucini L, Dominguez R, Lorenzo JM. 2020. Addition of plant extracts to meat and meat products to extend shelf-life and health-promoting attributes: an overview. *Curr Opin Food Sci* 31:81-87.
 19. NRC 1994. Nutrient requirements of poultry. 9th rev. (ed.) National Academy of Science, Washington DC.
 20. Nyamambi B, Ndlovu LR, Read JS, Reed JD. 2000. The effects of sorghum proanthocyanidins on digestive enzyme activity *in vitro* and in the digestive tract of chicken. *J Sci Food Agric* 80:2223-2231.
 21. Park IJ, Cha SY, Kang M, Go HG, Son YH, Mun SP, Ryu KS, Jang HK. 2010. Effects of proanthocyanidin-rich extract from *Pinus radiata* bark on immune response of broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 37:331-336.
 22. Park IJ, Cha SY, Kang M, So YS, Go HG, Son YH, Mun SP, Ryu KS, Jang HK. 2010. Effects of proanthocyanidin-rich extract from *Pinus radiata* bark on immune responses of broiler chickens. *Korean J Poult Sci* 37:331-336.
 23. Qiao M, Fletcher DL, Northcutt JK, Smith DP. 2002. The relationship between raw broiler breast meat color and composition. *Poult Sci* 81:422-427.
 24. Rajput SA, Sun L, Zhang NY, Khali MM, Gao X, Ling Z, Zhu L, Khan FA, Zhang J, Qi D. 2017. Ameliorative effects of grape seed proanthocyanidin extract on growth performance, immune function, antioxidant capacity, biochemical constituents, liver histopathology and aflatoxin residues in broilers exposed to aflatoxin B1. *Toxins* 9110371.
 25. Rajput SA, Sun L, Zhang NY, Khali MM, Ling Z. 2019. Grape seed proanthocyanidin extract alleviates aflatoxin B1-induced immunotoxicity and oxidative stress via modulation of NK- κ B and Nrf2 signaling pathway in broilers. *Toxins* 11010023.
 26. SAS Institute 2002. SAS user's guide: Statistics. version 9.1 SAS Institute Inc. Cary, NC.
 27. Shah MA, Bosco SJD, Mir SA. Plant extracts as natural antioxidant in meat and meat products. *Meat Sci* 98:21-33.
 28. Song JC, Park NK, Hur HS, Bang MH, Back NI. 2008. Examination and isolation of natural antioxidants from Korean medicinal plants. *Korean J Medicinal Crop Sci* 8:94-101.
 29. Trevisanato SI, Kim YI. 2000. Tea and health. *Nutr Rev* 58:1-10.
 30. Turcu RP, Olteanu M, Criste RD, Ropota M, Panaite TD, Soica C, Dragotoiu D. 2018. The effect of using grape seeds meal as natural antioxidant in broiler diets enriched in fatty acids, on meat quality. *J Hyg Eng Des.* 25:14-20.
 31. Wang ML, Suo X, Gu JH, Zhang WW, Fang Q, Wang X. 2008. Influence of grape

- seed proanthocyanidin extract in broiler chickens: Effect on chicken coccidiosis and antioxidant status. *Poult Sci* 87:2273-2280.
32. Wang RJ, Li DF, Bourne S. 1998. Can 2000 years of herbal medicine history help us solve problems in the year 2000? biotechnology in the feed industry. *Proc Alltech's 14th annual symposium* pp 273-291.
 33. Wheeler TL, Shackelford SD, Koohmaraie M. 2000. Variation in proteolysis, sarcomere length, collagen content, and tenderness among major pork muscles. *J Anim Sci* 78:958-965.
 34. Xue M, Meng XS. 1996. Review on research progress and prosperous of immune activities of bio-active polysaccharide. *J Tradit Chin Vet Med* 3:15-18.
 35. Yang JY, Zhang HJ, Wang J, Wu SG, Yue HY, Jiang XR, Qi GH. 2017. Effects of dietary grape proanthocyanidins on the growth performance, jejunum morphology and plasma biochemical indices of broiler chicks. *Animal* 11:762-770.
 36. Yook HS, Kim KH, Jang SA. 2010. Quality characteristics of grape pomace with different drying methods. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 39:1353-1358.
 37. Yun SJ, Chu DY, He XS, Zhang WF, Feng CP. 2019. Protective effects of grape seed proanthocyanidins against iron overload -induced renal oxidative damage in rats. *J Trace Elem Med Biol* 57:126407.
 38. Zhang XH, Choi SK, Seo JS. 2010. Effect of dietary grape pomace on lipid metabolism and hepatic morphology in rats fed a high fat diet 39:1595-1603.