

육계 사료 내 미역부산물 첨가에 따른 사양성적 변화

이채원¹ · 공창수^{2,3,4*}

¹경북대학교 축산BT학과 박사과정생, ²경북대학교 축산학과 교수,
³경북대학교 축산BT학과 교수, ⁴경북대학교 미래동물자원 연구원 교수

Effect of Supplementation of Seaweed By-Products on Growth Performance for Broiler Chickens

Chae Won Lee¹ and Changsu Kong^{2,3,4*}

¹Ph.D. Student, Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

²Professor, Department of Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

³Professor, Department of Animal Science and Biotechnology, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

⁴Professor, Research Institute for Innovative Animal Science, Kyungpook National University, Sangju 37224, Republic of Korea

ABSTRACT This study was conducted to evaluate the effects of hydrothermally processed (hydrolyzed) seaweed by-products (SP) derived from *Undaria pinnatifida* on the growth performance of broiler chickens. A standard pre-starter diet was provided from day 1 to 5. On day 5, a total of 100 birds were assigned to four dietary treatments with five replicate cages per treatment in a randomized complete block design. The dietary treatments consisted of a corn-soybean meal-based control diet (CON) and CON supplemented with SP at three levels (3%, 6%, or 9%). On day 15, body weight and feed leftovers were recorded to calculate body weight gain, feed intake, and gain-to-feed ratio. Data were analyzed using the GLM procedure of SAS, with the cage considered as the experimental unit. Final body weight and body weight gain showed a tendency toward a significant quadratic response ($P<0.08$) with increasing dietary SP levels, whereas feed intake was not affected by the dietary treatments ($P>0.08$). In contrast, feed efficiency decreased linearly ($P<0.05$) as the level of SP supplementation increased. In conclusion, the results of present study suggest that inclusion level of 3% SP may be considered appropriate for use in broiler diets from 5 to 15 days of age.

(Key words: broiler, growth performance, seaweed by-product, *Undaria pinnatifida*)

서 론

세계적인 인구 증가에 따라 동물성 식품의 소비 또한 지속적으로 증가할 것으로 예상되며(Kleyn and Ciacchiariello, 2021; Parlasca and Qaim, 2022), 이에 따라 원료사료의 수요도 증가할 것으로 전망된다. 그러나 우리나라는 원료사료의 대부분을 수입에 의존하고 있어, 국제 곡물 가격 변동이 국내 배합사료 생산비에 직접적인 영향을 미치는 구조적 취약성을 가지고 있다(Lim et al., 2024). 이러한 배경에서 최근 사료 생산비 절감 및 지속가능한 축산 실현을 위한 대체 원료사료 개발 연구가 활발히 진행되고 있다(Nam et al., 2022; Abdel-Wareth et al., 2024).

해조류는 다양한 생리활성 화합물을 함유한 해양자원으

로, 대한민국, 인도네시아, 중국 등 아시아 국가에서 오래전부터 식품으로 소비되어 왔다(Shi et al., 2019; Dewi et al., 2024). 그러나 생산 및 가공 과정에서 상당량의 부산물이 발생하며, 특히 미역(*Undaria pinnatifida*)은 뿌리, 줄기 등 폐기되는 부분이 상대적으로 많아 부산물 발생률이 높은 편이다(Kang and Kim, 2019). 이러한 부산물의 대부분은 자원화되지 못하고 해양으로 투기되어 해양환경 오염의 원인이 될 우려가 있다(Kang and Kim, 2019; Kim et al., 2024). 따라서 자원 순환 측면에서 해조류 부산물의 효율적 활용 방안 모색이 필요하다. 해조류 부산물은 육계의 면역 강화, 사양성적 및 육질 향상 등 긍정적인 효과를 나타낼 수 있다고 보고되었다(Makkar et al., 2016). Choi et al.(2014)은 육계 사료 내 미역 부산물을 0.5% 첨가하여 0~35일령까지 급여한 결과, 대조구

* To whom correspondence should be addressed : changsupkong@knu.ac.kr

대비 증체량과 사료효율이 개선되었으며 폐사율이 감소하였다고 보고하였다. 그러나 해조류의 화학적 조성은 종에 따라 상이하며, 가공 방법 및 환경 조건 등의 요인 또한 영향을 미칠 수 있다(Makkar et al., 2016; Costa et al., 2021; Abdel-Wareth et al., 2024). 따라서 국내산 미역 부산물에 대한 독자적인 평가가 필수적이거나, 현재까지 국내에서 미역 부산물의 육계 사료 활용에 관한 연구는 제한적인 실정이다.

가수분해(hydrolysis) 공정은 화학적 가수분해, 효소 가수분해, 미생물 발효 기반 가수분해, 열수처리 가수분해와 같은 다양한 방식이 있으며, 각각의 공정 과정에 따라 상이한 장점을 가진다(Gwak et al., 2021; Osunbami and Adeola, 2022). 열수처리 가수분해는 고온·고압 조건에서 물을 매체로 이용하여 화학적 처리 없이 원료사료의 세포 내 유기물을 방출하고 영양소의 이용성을 개선할 수 있다(Guo et al., 2014; Lee and Park, 2020). 그러나 갈조류의 영양소 조성 및 생체이용률은 열수처리 온도와 시간에 따라 변화한다(Pandey et al., 2023). 고온처리는 갈조류의 과도한 염분을 제거하고 일부 영양성분을 개선할 수 있으나, 조섬유 및 탄수화물 조성의 변화를 동반하며 *in vitro* 소화율이 감소하는 것으로 나타났다(Pandey et al., 2023). 그러나 미역 부산물에 대한 열수처리 가수분해 공정이 육계 사료 가치에 미치는 영향은 명확히 규명되지 않았다. 본 연구는 국내 원료사료 자급률 향상 및 자원 순환 체계 구축을 위해 열수처리 미역(*Undaria pinnatifida*) 부산물을 육계 사료에 첨가했을 때 사양성적 개선 효과를 평가하고자 수행되었다.

재료 및 방법

본 연구의 동물실험은 경북대학교 동물실험윤리위원회 규정에 따라 진행되었다(승인번호: KNU2025-0829).

1. 동물, 사료, 실험설계 및 사양성적

총 100수의 수컷 Ross 308 육계를 공시하여 개별 인식표를 부착한 후, 초이 사료(대사에너지, 2975 kcal/kg; 조단백질, 23.02%)를 5일간 급여하며 예비 사육하였다(Table 1). 5일령에 개체별 체중을 측정된 후, 난괴법(randomized complete block design)을 사용하여 개시체중을 기준으로 4처리구 5반복, 케이지(100 cm × 34 cm × 42.5 cm)당 5수씩 배치하였다. 실험 사료는 옥수수·대두박 위주의 대조사료 1종과 대조사료에 분말형태의 미역 부산물을 3%, 6%, 9% 수준으로 첨가한 실험사료 3종으로 구성되었다(Table 2). 대조사료의 영양소 함량은 Aviagen(2022)이 제시한 요구량과 유사하도록 배합하

Table 1. Calculated energy and nutrient compositions of the pre-starter diets (as-fed basis, %)

Item	
AME, kcal/kg	2,975
Crude protein	23.02
Calcium	0.950
Non-phytate phosphorus	0.500
SID amino acids	
Arg	1.40
His	0.49
Ile	0.88
Leu	1.45
Lys	1.32
Met + Cys	1.00
Phe	0.86
Thr	0.88
Trp	0.25
Val	1.00

AME, apparent metabolizable energy; SID, standardized ileal digestible.

였다. 입식 후 계사 내 온도는 1일차에 33℃에서 시작하여 15일차에 25℃에 도달하도록 점진적으로 조절하였다. 전 실험 기간 물과 사료는 무제한 급여하였으며, 24시간 점등하였다. 실험종료일(15일령)에 개별체중과 사료잔량을 측정하여 증체량, 사료섭취량 및 사료효율을 산출하였다. 모든 분석 항목은 폐사 및 이상치를 보정하여 계산하였다.

2. 미역 부산물 제조

본 연구에 사용된 미역 부산물(Eco Bio Frontier Inc., Cheonan, Republic of Korea)의 제조공정은 다음과 같다. 미역의 뿌리 및 줄기 부위를 수집하여 증숙 및 세척 과정을 거친 후, 선별 작업을 통해 이물질을 제거하였다. 선별된 시료는 열수처리 가수분해하여 가용성 성분을 추출하였다. 이후 약 10% 수분 함량까지 건조한 뒤 분쇄하여 분말 형태로 가공하여 실험에 사용하였다.

3. 통계분석

육계 사료 내 미역 부산물 첨가 수준에 따른 반응을 평가하기 위하여 SAS의 GLM procedure을 이용한 직교 다항식 대비(orthogonal polynomial contrasts) 분석을 통해 선형(linear) 및 곡선(quadratic) 효과를 검정하였다. 또한, 실험 처리구별 차이

Table 2. Ingredients and nutrient compositions of experimental diets (as-fed basis, %)

Seaweed by-product	0%	3.0%	6.0%	9.0%
Corn	50.92	49.34	47.77	46.19
Soybean meal	39.15	37.94	36.73	35.52
Soybean oil	5.00	4.85	4.69	4.54
Seaweed by-product	0.00	3.00	6.00	9.00
Limestone	0.20	0.20	0.20	0.20
Monocalcium phosphate	1.90	1.84	1.78	1.72
Sodium bicarbonate	0.10	0.10	0.10	0.10
Sodium chloride (salt)	0.20	0.20	0.20	0.20
Choline chloride, 50%	0.50	0.50	0.50	0.50
Titanium dioxide	0.50	0.50	0.50	0.50
Vitamin premix1	0.50	0.50	0.50	0.50
Mineral premix2	0.50	0.50	0.50	0.50
L-Ile	0.02	0.02	0.02	0.02
L-Lys-HCl	0.11	0.11	0.11	0.11
L-Met	0.23	0.23	0.23	0.23
L-Cys	0.10	0.10	0.10	0.10
L-Thr	0.05	0.05	0.05	0.05
L-Val	0.02	0.02	0.02	0.02
Total	100.00	100.00	100.00	100.00
Calculated value				
AME, kcal/kg	3,001	2,975	2,948	2,922
Crude protein	22.25	21.91	21.56	21.22
Calcium	0.85	0.86	0.88	0.89
Total phosphorus	0.76	0.75	0.74	0.73

AME, apparent metabolizable energy.

¹ Supplies the following per kilogram of diet: vitamin A, 24,000 IU; vitamin D₃, 8,000 IU; vitamin E, 160 mg; vitamin K₃, 8 mg; vitamin B₁, 8 mg; vitamin B₂, 20 mg; vitamin B₆, 12 mg; pantothenic acid, 40 mg; folic acid, 4 mg; niacin, 12 mg.

² Supplies the following per kilogram of diet: Fe, 120 mg; Cu, 320 mg; Zn, 200 mg; Mn, 240 mg; Co, 2 mg; Se, 0.6 mg; I, 2.5 mg.

를 확인하기 위해 분산분석을 실시하였고, Tukey's HSD test를 통해 평균값을 비교하였다. 실험단위는 케이지로 설정하였다. 통계적 유의성은 $P<0.05$ 수준에서 판정하였으며, $0.05\leq P<0.08$ 인 경우 경향(tendency)이 있는 것으로 간주하였다.

결과 및 고찰

미역 부산물 첨가 수준에 따른 사양성적 측정 결과는 Table 3에 제시하였다. 최종체중과 증체량에서 곡선적 반응의 경향성이 관찰되었으며($P<0.08$), 사료섭취량은 미역 부산물 첨가 수준에 따른 유의적인 차이가 나타나지 않았다($P>0.08$). 이러한 결과는 선행연구 결과들과 유사한 경향을 나타냈다. Andri et al.(2020)은 육계 사료 내 해조류 첨가에 대한 메타분석 결과, 증체량과 사료요구율이 향상되었으나, 사료섭취량에는 유의적인 차이가 없었다고 보고하였다. 또한, Shi et al.(2019)의 연구에서도 발효 미역 부산물 2 g/kg 첨가 시 증체량과 사료요구율은 개선되었으나 사료섭취량에는 영향이 없었다고 보고하여, 본 연구 결과와 유사한 양상을 보였다. 해조류는 carotenoids 및 tocopherols와 같은 항산화 물질을 함유하여 산화 스트레스 저감에 기여할 수 있으며, 병원성 세균의 증식 억제 및 장내 유익균 증식 촉진 효과를 가진 다양한 생리활성 물질을 포함하고 있다(Shi et al., 2019; Andri et al., 2020; Abdel-Wareth et al., 2024). 또한 해조류는 장벽 기능 강화 및 항염증 효과도 나타내는 것으로 보고되었다(Shi et al., 2019; Abdel-Wareth et al., 2024). 이러한 복합적인 생리활성 효과로 인해 사양성적이 개선되었을 것으로 추측된다. 그러나 미역 부산물 9% 첨가 수준에서 체중 및 증체량은 감소하였는데, 이러한 결과는 미역 부산물을 적정 수준 이상으로 첨가할 경우 사양성적에 부정적인 효과를 나타낼 가능성이 있음을 시사한다. 따라서 해조류 내 영양소 및 생리활성 물질에 따른 생리적 메커니즘을

Table 3. Growth performance of birds fed experimental diets from day 5 to 15 post-hatch¹

Seaweed by-product	0%	3%	6%	9%	SEM	P values		
						Diet	Linear	Quadratic
Initial BW	133.7	133.7	133.5	134	5.0	0.6062	0.5083	0.4347
Final BW	554.2	569.2	564.1	511.1	20.0	0.1113	0.0987	0.0660
BWG	420.8	435.4	430.6	377.2	17.38	0.1060	0.0946	0.0641
FI	498.6	505.4	531.3	484.1	21.23	0.3244	0.8266	0.1472
G:F	0.845 ^{ab}	0.860 ^a	0.813 ^{ab}	0.780 ^b	0.0196	0.0484	0.0276	0.2828

SEM, standard error of the mean; BW, body weight; BWG, body weight gain; FI, feed intake; G:F, gain to feed ratio.

¹ Each value represents mean of 5 replicates.

^{ab} Means within a column with different superscripts differ significantly ($P<0.05$).

구명하기 위한 연구가 필요한 것으로 사료된다.

본 연구에서 증체량은 사료 내 미역 부산물 수준이 3%~6% 까지 높게 나타났으나, 9% 첨가 수준에 이르기까지 감소하는 곡선적 반응의 경향을 나타냈다($P<0.08$). 한편, 사료효율은 미역 부산물 첨가 수준 증가에 따라 선형적으로 감소하였는데 ($P<0.05$), 이는 9% 첨가 시 증체량이 크게 감소하여 대조구 보다 낮아졌기 때문으로 사료된다. 해조류는 종, 지리적 위치 및 계절 등에 따라 화학적 조성의 변이가 크며(Cabrera et al., 2016; Mlambo et al., 2022), 이에 따라 납, 비소, 카드뮴과 같은 중금속 축적 위험성이 존재한다(Morais et al., 2020). 또한 해조류는 높은 섬유질 함량을 지니며 영양소 소화율이 낮기 때문에(Michalak and Mahrose, 2020), 과다 첨가 시 사양성적에 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 특히 해조류의 높은 염분 함량은 가금류에서 설사, 폐사 및 복수를 유발할 수 있으며(Dewi et al., 2024), 다량 급여 시 소금(NaCl) 요구량을 지나치게 초과하여 전해질 불균형을 초래할 가능성이 있다. 사료 내 해조류 함량이 높을 경우 사양성적에 부정적 영향을 미친다는 결과는 선행연구에서 일관되게 확인된 바 있다(Dewi et al., 2024). 그러나 그 영향은 해조류의 종류, 닭의 품종, 일령에 따라 다양하게 나타나므로, 적정 첨가 수준 및 급여 기간을 설정하기 위한 추가 연구가 진행될 필요가 있다.

본 연구는 육계 원료사료 또는 사료첨가제로서 미역 부산물의 이용 가능성을 사양성적을 통해 평가하였다. 연구 결과, 5~15일령 육계 사료에 미역 부산물을 3% 수준으로 첨가할 경우 증체량 향상에 기여할 수 있으나, 첨가 수준을 과도하게 높이면 사양성적이 저하될 수 있는 것으로 나타났다. 본 연구 결과는 해조류 부산물의 사료 자원화를 위한 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

적 요

본 연구는 육계 사료 내 열수처리(가수분해) 공정을 적용한 미역(*Undaria pinnatifida*) 부산물이 사양성적에 미치는 영향을 알아보기 위하여 수행되었다. 5일령 수평아리 100수를 개시체중을 블록으로 난괴법을 통하여 4처리, 5반복, 반복당 5수로 실험구를 배치하였다. 실험 사료는 옥수수-대두박을 기초로 하는 대조사료, 대조사료에 미역 부산물을 3%, 6%, 또는 9% 수준으로 첨가한 실험사료로 구성되었다. 15일령에 개체별 체중과 사료 잔량을 측정하여 증체량, 사료섭취량 및 사료효율을 분석하였다. 최종 체중과 증체량은 사료 내 미역 부산물이 증가함에 따라 곡선적 반응을 보이는 경향을 나타냈으나($P<0.08$), 사료 섭취량은 실험사료에 영향을

받지 않았다($P>0.08$). 반면, 사료효율은 미역 부산물 첨가 수준이 증가함에 따라 선형적으로 감소하였다($P<0.05$). 결론적으로, 3% 수준의 미역 부산물은 5~15일령 육계 사료에 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

(색인어 : 육계, 사양성적, 해조류 부산물, 미역)

ORCID

Chae Won Lee <https://orcid.org/0000-0002-8281-5478>

Changsu Kong <https://orcid.org/0000-0002-3876-6488>

REFERENCES

- Abdel-Wareth AAA, Williams AN, Salahuddin M, Gadekar S, Lohakare J 2024 Algae as an alternative source of protein in poultry diets for sustainable production and disease resistance: Present status and future considerations. *Front Vet Sci* 11:1382163.
- Aviagen 2022 Ross 308 Broiler: Nutrition Specifications. https://aviagen.com/assets/Tech_Center/Ross_Broiler/Ross-Broiler_NutritionSpecifications2022-EN.pdf. Accessed on December 04, 2025.
- Andri F, Dono ND, Sasongko H, Zuprizal Z 2020 The effects of dietary seaweed inclusion on growth performance of broiler chickens: A systematic review and meta-analysis. *F1000Res* 9:1087.
- Cabrera ARJ, Maia MRG, Oliveira HM, Sousa-Pinto I, Almeida AA, Pinto E, Fonseca AJM 2016 Tracing seaweeds as mineral sources for farm-animals. *J Appl Phycol* 28(5):3135-3150.
- Choi Y, Lee S, Oh J 2014 Effects of dietary fermented seaweed and seaweed fusiforme on growth performance, carcass parameters and immunoglobulin concentration in broiler chicks. *Asian-Australasian J Anim Sci* 27(6):862.
- Costa M, Cardoso C, Afonso C, Bandarra NM, Prates JAM 2021 Current knowledge and future perspectives of the use of seaweeds for livestock production and meat quality: a systematic review. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 105(6):1075-1102.
- Dewi YL, Sofyan A, Herdian H, Sakti AA, Irawan A, Jasmadi J, Anggraeni AS, Mardawati E, Adriyanto A, Mahata ME 2024 Processing technology to improve

- seaweed nutritional quality as a feed for poultry: a review and its implementation. *World's Poult Sci J* 80(1):207-235.
- Guo J, Wang W, Liu X, Lian S, Zheng L 2014 Effects of thermal pre-treatment on anaerobic co-digestion of municipal biowastes at high organic loading rate. *Chemosphere* 101:66-70.
- Gwak MG, Park HS, Kim BK, Park HB, Kim JH 2021 Effects of feeding enzyme-hydrolyzed poultry by-product meal on productivity and blood biochemical characteristics in broilers. *Korean J Poult Sci* 48(3):133-142.
- Kang JH, Kim WS 2019 Study on industrialization strategy for efficient reuse of seaweed by-products. *J Fish Bus Adm* 50(4):1-9.
- Kim NL, Hwang IK, Kim SC, Joo YH, Kim SK 2024 Economic feasibility and environmental implications for the use of seaweed by-products as feed for ruminants. *Korean J Fish Aquat Sci* 57(4):336-341.
- Kleyn F, Ciacciariello M 2021 Future demands of the poultry industry: will we meet our commitments sustainably in developed and developing economies? *World's Poult Sci J* 77(2):267-278.
- Lee J, Park KY 2020 Impact of hydrothermal pretreatment on anaerobic digestion efficiency for lignocellulosic biomass: influence of pretreatment temperature on the formation of biomass-degrading byproducts. *Chemosphere* 256:127116.
- Lim CI, Choo HJ, Kim HK, Heo KN, Kim UH, Hon EC 2024 Growth performance and fat deposition in woormatdag2 breeder pullets in response to dietary level of energy. *Korean J Poult Sci* 51(3):153-159.
- Makkar HPS, Tran G, Heuzé V, Giger-Reverdin S, Lessire M, Lebas F, Ankers P 2016 Seaweeds for livestock diets: a review. *Anim Feed Sci Technol* 212:1-17.
- Michalak I, Mahrose K 2020 Seaweeds, intact and processed, as a valuable component of poultry feeds. *J Mar Sci Eng* 8(8):620.
- Mlambo V, Mnisi CM, Matshogo TB, Mhlongo G 2022 Prospects of dietary seaweeds and their bioactive compounds in sustainable poultry production systems: a symphony of good things? *Front Anim Sci* 3:998042.
- Morais T, Inácio A, Coutinho T, Ministro M, Cotas J, Pereira L, Bahcevandziev K 2020 Seaweed potential in the animal feed: a review. *J Mar Sci Eng* 8(8):559.
- Nam JH, Kim D, Hyun JY, Jin HJ, Choi YS, Cho JH, Lee BK, Chun JY 2022 Current status and future prospects of the insect industry as an alternative protein source for animal feed. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 51(5):395-402.
- Osunbami OT, Adeola O 2022 Energy value of hydrolyzed feather meal and flash-dried poultry protein for broiler chickens and pigs. *J Anim Sci* 100(3):1-8.
- Pandey D, Naess G, Fonseca AJ, Maia MR, Cabrita AR, Khanal P 2023 Differential impacts of post-harvest hydrothermal treatments on chemical composition and *in vitro* digestibility of two brown macroalgae (fuciales, phaeophyceae), *ascophyllum nodosum* and *fucus vesiculosus*, for animal feed applications. *J Appl Phycol* 35(5):2511-2529.
- Parlasca MC, Qaim M 2022 Meat consumption and sustainability. *Annu Rev Resour Econ* 14:17-41.
- Shi H, Kim SH, Kim IH 2019 Effect of dietary inclusion of fermented sea mustard by-product on growth performance, blood profiles, and meat quality in broilers. *J Sci Food Agric* 99(9):4304-4308.

Received Dec. 6, 2025, Revised Dec. 15, 2025, Accepted Dec. 16, 2025