

감태 가공부산물을 이용한 성장효과에 관한 연구

심인숙*

경동대학교 임상병리과

Received: May 31, 2019 / Revised: August 20, 2019 / Accepted: August 25, 2019

A Study on the Growth Effects of *Ecklonia cava* By-product

In-suk Sim*

Department of Clinical Laboratory Science, Kyungdong University, Wonju 26495, Republic of Korea

We investigated the beneficial effects of *Ecklonia cava* by-product (ECB), a residual product obtained after polyphenol extraction from *Ecklonia cava*, on normal rats. Male Sprague-Dawley rats were divided into the following three groups: Control group (NC), received basal diet; ECB 0.1 group, received basal diet supplemented with 0.1% ECB for 21 days; ECB 0.5 group, received basal diet supplemented with 0.5% ECB for 21 days. The productivity, serum immunoglobulin level, expression levels of muscle-related genes, and cecal microflora were measured in all the treatment groups to evaluate the potential use of ECB as a feed additive. The ECB 0.1 group exhibited enhanced expression of *Myod*, *Myog*, and *Igf1* genes, which increased the body weight of rats. Additionally, treatment with ECB increased the cecal *Lactobacillus* spp. counts and the serum immunoglobulin G levels in rats. Thus, ECB can effectively increase body weight and can be a potential feed additive for improving growth.

Keywords: Marine seaweed, *Ecklonia cava* by-product, growth performance, muscle growth, feed additive

서 론

감태(*Ecklonia cava*)는 제주연안에 서식하는 갈조류 미역과이며, 전복 및 소라 등의 먹이가 되어 알긴산을 만드는 원료로 이용되기도 한다. 또한, 다당류 생리활성 물질인 라미나린, 푸코이단과 폴리페놀 물질인 플로로탄닌 등 생리활성 물질을 다량 함유하고 있으며, 항산화성, 항암성, 항고혈압성 등 여러 가지 기능성들이 밝혀져 있다[1, 2]. 감태의 주요 성분인 플로로탄닌은 혈전생성 저해활성, 항산화 활성, 항 바이러스 활성 등이 보고 되었다. 또한, 감태에서 폴리페놀을 추출하고 남은 가공부산물에서도 다량의 유효성분이 남아 있으며, 그에 대한 면역증가 효과, 양계에서의 *Salmonella*에 대한 저항성 등의 연구가 보고되어 있다[3-5].

과거에는 가축 질병을 예방하기 위해 항생제를 사료에 첨가하였으나, 이후 항생제 오남용으로 사람과 동물에게서 슈퍼박테리아가 발견되면서 2011년에 사료 내 항생제 사용이

전면 금지되었다[6, 7]. 사료에 첨가되는 항생제는 체내에 존재하는 클로스트리디움, 살모넬라, 대장균 등과 같은 병원성균의 세포막을 분해시켜 사멸시키고, 소장 세포벽을 얇게 하여 흡수율을 증대시켜 가축의 성장을 촉진시킨다[8, 9]. 그러나 축산물을 통하여 섭취된 항생물질이 인체의 내성을 증가시켜 항생물질에 대하여 저항성을 나타낼 수 있다는 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. 또한, 국민소득이 증가함에 따라 동물성 식품에 대한 선호도가 양보다는 질 위주로 급격하게 변화되고, 천연자원을 이용한 다양한 항생제 대체 사료첨가제의 개발이 주목을 받고 있다.

본 연구에서는 감태 가공부산물(*Ecklonia cava* by-product)이 가축의 성장발육에 영향을 줄 수 있는 여러 가지 혈액 지표 및 장내 미생물을 분석하였고, 흰쥐를 이용한 성장 지표를 측정함으로써 항생제를 대체할 수 있는 사료첨가제로의 가능성을 평가하였다.

재료 및 방법

감태 가공부산물

본 연구진은 이전 연구에서 감태 원물과 가공부산물의 수

*Corresponding author

Tel: +82-33-738-1374, Fax: +82-33-738-1379

E-mail: simis@kduniv.ac.kr

© 2019, The Korean Society for Microbiology and Biotechnology

울과 남아있는 폴리페놀 함량, 감태가공부산물의 세포 내 성장인자 등을 분석한 바 있다[10]. 제주산 해조류 감태를 (주)미래생명자원으로부터 공급받았다. 공급된 감태의 줄기를 제거한 후, 자연건조하여 수분을 5% 이하로 말린 후, 5-10 mm 로 분쇄하였다. 감태 사용부위는 감태 앞 부분만을 원재료로 사용하였으며, 추출용매는 물과 발효 주정을 부피비 7:3으로 배합하여 사용하였고, 추출기를 이용하여 감태 500 g에 추출 용매 20배수를 가하여 80°C에서 1시간동안 추출하였다. 추출액을 지정된 메쉬(mesh)에 순차적으로 여과하였고, 남은 잔사물을 열풍건조기를 이용하여 건조시켜 감태 가공부산물을 생산하였다. 건조시킨 감태 가공부산물을 분쇄하여 실험 사료에 배합 후 급여하였다.

실험동물 사육 및 식이

실험동물은 5주령의 수컷 Sprague Dawley rat을 (주)코아텍(한국)에서 구입하여 1주일간 사육장 환경에 적응시킨 후 그룹당 8마리씩 무작위로 나누어 사용하였다. 물과 사료는 자유롭게 섭취하도록 하였고 사용한 사료는 설치류 사료(LabDiet 5001 Rodent Diet, Purina)를 사용하였으며 조성은 Table 1과 같다. 펠렛 형태의 사료를 분쇄하여 감태 가공부산물을 0% (NC), 0.1% (ECB 0.1), 0.5% (ECB 0.5) 첨가 급여하였다.

사육장의 실내 온도는 21-22°C, 상대습도는 50-60%, 조도는 200-300 Lux로 유지하였으며, 12시간 명암주기가 되도록 조절하였다. 동물실험은 고려대학교 동물윤리위원회의 승인(Approval No. KUIACUC-2019-0080)을 얻어 수행하였다. 실험이 종료된 후 각 동물의 동일부분 비복근을 적출하여 근육생성과 관련된 유전자 발현분석에 사용하였다. 혈액은 모든 동물에서 채혈하였으며, 혈구분석은 EDTA가 첨가된 진공 혈액튜브에 넣어 분석시까지 4°C에 보관하고, 4시간 내에 rat 전용 혈구분석장비를 사용하여 분석하였다. 혈청분석은 항응고제가 없는 진공튜브를 사용하였고, 3000 ×g에서 10분간 원심분리하여 상층 혈청을 rat 전용 혈청분석기(AU680, USA)를 사용하여 분석하였다.

Table 1. Composition of experimental diets.

Ingredients	%
Protein	23.0
Carbohydrate	49.5
Fiber	6.0
Fat	4.5
Others*	17.0
Calories (kcal/g)	3.5

Normal laboratory diet (Purina LabDiet 5001).

*Others: vitamins, minerals, and water.

혈청 IgA, IgM 및 IgG

혈청의 면역 글로불린(IgA, IgG, IgM) 분석은 Rat IgA, IgG, IgM quantitation ELISA kit (MyBioSource, USA)를 이용하여 분석하였다.

장내 미생물

장내 미생물은 맹장 내용물에 대하여 실험 종료시에 그룹 별로 6마리, 총 18마리를 희생하여 분석하였다. 분석한 개체는 평균체중과 비슷하고, 건강한 상태의 개체를 선발하였으며, 두 개의 맹장 내용물을 모두 채취하였다. 내용물은 채취 직후 멸균 생리식염수를 이용하여 10⁻⁷까지 계대희석하여 MRS agar (유산균 배지; Difco, 288210), plate count agar (PCA, 총균수 배지; Difco, 247940), Deoxycholate lactose agar (대장균 배지; Merck) 에 도말하였다. 도말이 완료된 MRS agar는 37°C에서 혐기적 조건에서 48시간 배양하였으며, PCA와 Deoxycholate lactose agar는 37°C에서 24시간 배양 후 colony를 계수 및 결과값을 도출하였다.

Reverse transcription-polymerase chain reaction

실험이 종료된 동물의 종아리 부위를 피부절개를 하였고, 종골에서 1 cm 윗부분의 비복근을 일정모양으로 적출하였다. 비복근에서 RNeasy min kit (Qiagen, USA)을 사용하여 매뉴얼에 따라 RNA를 분리하였다. 분리된 RNA는 1st strand cDNA kit (Roche)를 사용하여 cDNA를 합성하였다. 10X buffer 2.0 µl, 25mM MgCl 4.0 µl, dNTP 2.0 µl, oligo-dT primer 2.0 µl, RNasin 1.0 µl, AMV reverse transcriptase 0.8 µl의 mixture에 RNA 500 µl을 첨가하여 sterile water로 20.0 µl가 되게 한 후, Thermo cycler (9700, Applied biosystem)에서 25°C에서 10분, 42°C에서 60분, 90°C에서 5분간 반응시켜 cDNA를 합성하였다. 합성된 cDNA는 2X probe mixture (Roche)를 사용하여 LC480 realtime PCR 장비 (Roche) 에서 발현량을 분석하였다. 2X LC480 probe master mix(Roche) 10 µl, 20pM forward 및 reverse primer 1.0 µl, 20 pM probe 0.2 µl의 mixture에 cDNA 1.0 µl를 첨가하여 sterile water로 20 µl가 되게 한 후, LC480 realtime PCR 장비(Roche)로 95°C에서 10분간 predenaturation, 95°C에서 10초, 60°C에서 30초를 40회 반복하여 발현량을 2^{-ΔΔCt} 법으로 분석하였다. 모든 실험은 2회 반복하였으며, PCR에 사용된 유전자의 이름 및 염기서열은 Table 2와 같다.

통계처리

통계분석은 SPSS program (SPSS Inc., USA) 을 이용하여 평균과 표준편차(mean ± SD)로 제시하였으며, 각 그룹의 유의성 분석은 시험그룹의 측정치에 대해 Student *t*-test

Table 2. Primer sequences.

Gene name	Forward primer	Reverse primer
MyoD	5'-TGG AGA AGA TTT GGC ACC A-3'	5'-CCA GAG GCA TAC AGG GAC AA-3'
Myogenin	5'-TGA ATG CAA CTC CCA CAG C-3'	5'-CAG ACA TAT CCT CCA CCG TG-3'
IGF1	5'-GCA TTG TGG ATG AGT GTT GC-3'	5'-GGC TCC TCC TAC ATT CTG TA-3'
β -actin	5'-TGG AGA AGA TTT GGC ACC A-3'	5'-CCA GAG GCA TAC AGG GAC AA-3'

MyoD, myogenic differentiation; IGF1, insulin-like growth factor.

검정을 적용하여 $p < 0.01$ 또는 $p < 0.05$ 이하의 유의수준에서 유의성 검정을 실시하였다. 처리구간의 유의성은 Duncan's multiple range-test를 이용하여 5% 수준에서 검정하였다.

결과 및 고찰

감태 가공부산물 급여에 의한 성장성

감태 가공부산물의 함량을 조절한 사료를 급여하고 흰쥐의 성장에 미치는 영향을 평가하였다(Table 3). 감태 가공부산물이 0.1% 첨가된 ECB 0.1 그룹은 증체량이 197.9 ± 11.4 g으로 대조그룹(185.4 ± 8.6 g)에 비해 유의하게 증가하였다. ECB 0.5 그룹은 증체량이 172.4 ± 11.6 g으로 대조그룹에 비해 오히려 유의하게 감소하였다. 사료섭취량은 ECB 0.1 그룹에서 409.0 ± 12.4 g, 대조그룹에서 402.8 ± 21.3 g으로 유의한 차이는 보이지 않았으나, ECB 0.5 그룹에서는 378.0 ± 26.6 g으로 유의하게 감소하였다. 사료효율에서는 ECB 0.1 그룹에서 2.06 ± 0.12 로 다른 그룹에 비해 유의하게 개선되었다. 사료 효율이란 투여한 사료의 효용성을 나타내는 기준으로서 사육동물 1단위 무게를 증가시키는데 필요한 사료의 무게를 의미한다. 본 실험에서 사료 효율이 2라면 사료효율은 50%가 되며, 흰쥐 100 g의 체중을 증가시키는데 필요한 사료의 양은 200 g이 되며, 사료효율이 낮을수록 적은 사료로 체중이 증가하였음을 나타낸다.

체중변화 측정결과 ECB 0.1 그룹에서는 유의한 증가를 확인하였으나, ECB 0.5 그룹에서는 오히려 유의하게 체중이

Table 3. Effects of supplementation of *Ecklonia cava* on growth performance of rat.

Group	Body weight gain (g)	Feed intake (g)	FCR
Control	185.4 ± 8.6^b	402.8 ± 21.3^a	2.16 ± 0.21^a
ECB 0.1	197.9 ± 11.4^a	409.6 ± 12.4^a	2.06 ± 0.12^b
ECB 0.5	172.4 ± 13.6^c	378.0 ± 20.6^b	2.19 ± 0.11^a

ECB, *Ecklonia cava* by-product; FCR, feed consumption ratio. Different superscript letters within a column indicate significant difference of the means ($p < 0.05$).

감소하였다. 본 연구에 사용한 감태 가공부산물은 감태에서 폴리페놀을 추출한 부산물이며, 폴리페놀의 종류는 매우 많지만 대표적인 기능으로는 항산화, 혈압상승, 혈전 생성 등의 예방에 사용되며 혈액 내 콜레스테롤 수치개선, 비만예방에도 사용된다[11]. ECB는 폴리페놀을 추출하고 남은 잔사이지만 소량의 폴리페놀이 남아있으며, 그 잔사를 높은 농도로 첨가 급여하면 폴리페놀의 효능이 발현될 가능성을 확인하였다. 또한, 비만예방의 효과를 가져오는 농도가 아닌 체중증가를 가져올 수 있는 최적의 농도로 연구를 진행해야 하며, 반복적인 실험을 통해 ECB의 최적 첨가량은 0.1%로 확정하였다.

혈청 분석

실험 종료 후 각 개체의 심장에서 채혈하여 albumin, AST, ALT, cholesterol, HDL, LDL, triglyceride, lipid를 분석하였다(Table 4). 각 항목별로 통계분석을 실시하였으나, 유의한 차이는 없었다. 특히 lipid 항목에서 ECB 0.5 그룹에서 감소하는 경향을 보였으나 유의하지 않았다.

RT-PCR을 통한 근육 성장관련 mRNA 발현 분석

근육분화의 분자생물학적 기전은 많은 연구가 시행되었으며, 특히 근육에 특정한 조절인자인 MyoD, myogenin, Myf-5 등에 대한 연구가 시행되어 왔으며, MyoD는 활동이 전체 근육 형성프로그램을 유발할 수 있기 때문에 근원적인 마스터 유전자로 간주된다[12]. MyoD와 Myogenin은 근육분화를 유도하여 근육성장을 자극하고 근세포로의 전환에 기인하는 것으로 알려지고 있다[13]. IGF-1 (insulin-like growth factor-1)은 세포증식, 세포분화 및 근육량 연골과 뼈의 성장과 대사를 조절하는 중요한 성장호르몬이다. 운동시 근질량 유지, 근비대 유발, 심장근 수축력의 향상에 있어서 IGF-1이 중요한 역할을 한다[14]. 근육 크기는 근육 내에서 일어나는 동화작용과 이화작용을 유도하는 신호전달 반응이 많이 일어날 경우 근육 단백질 합성이 증가되는데, 이는 근육 단백질 증가에 따른 근육 크기 증가나 근섬유 수 증가로 나타난다.

감태 가공부산물의 근육 성장 관련 유전자인 MyoD, myogenin, IGF-1 발현 분석결과 ECB 0.1에서 각각 $37.0 \pm$

Table 4. Effects of dietary *Ecklonia cava* on change in serum albumin, AST, ALT, lipids for 3 weeks.

Group	Albumin (g/dl)	AST ¹⁾ (U/l)	ALT ²⁾ (U/l)	Cholesterol (mg/dl)	HDL ³⁾ (mg/dl)	LDL ⁴⁾ (mg/dl)	Triglyceride (mg/dl)	Total lipid (mg/dl)
Control	1.3 ± 0.18	222.4 ± 28.41	53.4 ± 38.55	112.0 ± 8.41	61.0 ± 8.60	62.2 ± 8.41	70.6 ± 7.74	567.8 ± 63.1
ECB ⁵⁾ 0.1	1.2 ± 0.09	220.2 ± 32.49	56.8 ± 61.03	106.6 ± 16.8	64.6 ± 5.02	62.0 ± 6.66	60.4 ± 7.69	549.6 ± 48.5
ECB 0.5	1.4 ± 0.11	251.4 ± 35.64	53.0 ± 48.27	107.3 ± 11.21	63.4 ± 4.93	66.6 ± 2.82	69 ± 4.08	533.4 ± 66.7

¹⁾AST; aspartate transaminase, ²⁾ALT; alanine aminotransferase, ³⁾HDL; high density lipoprotein, ⁴⁾LDL; low density lipoprotein, ⁵⁾ECB; *Ecklonia cava* by-product.

0.07%, 16.4 ± 0.03%, 42.6 ± 0.11%의 유의적인 증가를 확인하였다(Fig. 1). 반면에 ECB 0.5 그룹에서는 대조군과 차이가 없었으며, 이는 사료의 섭취량이 감소한 것과 연관이 있다. ECB 0.5 그룹의 사료섭취량은 NC와 ECB 0.1 그룹에 비해 각각 6.2%, 7.7% 감소하였으며, 이는 사료 내 첨가되어 있는 단백질 섭취의 감소로 이어진다. 실험사료 내 단백질의 함량은 탄수화물에 이어 두 번째로 많은 약 23%이며, 근육 생성 원료가 되는 단백질 섭취의 감소로 인해 근육 성장관련 유전자의 발현이 감소한 것으로 추론된다. 폴리페놀이 함유된 미나리, 부추 파우더 5%를 흰쥐에게 급여한 연구 결과 사료섭취량은 변화가 없었으며, 식물추출물 복합제 0.1%를 육계에게 급여한 연구 결과에서 사료 섭취량이 감소한 것으로 나타났다[15, 16]. 감태 가공부산물의 잔사에 남아있는 폴리페놀 성분이 ECB 0.1 그룹에서는 매우 소량이기 때문에 사료 섭취량 감소로 이어지지 않았으며, 이와 같은 과정을 ECB 0.1 그룹에서 사료 섭취량 증가 및 체중 증가로 나타난 것으로 예상된다. 또한, 감태 가공부산물이 Myoblast L6 세포에서 IGF-1, IGF-2, fibroblast growth factor를 증가시킨다는 연구보고가 있으며[10], 본 동물실험에서 IGF-1 생성과 세포증식을 유도하여 성장호르몬의 생리적 활성을 증가시킨다는 결과와 일치한다.

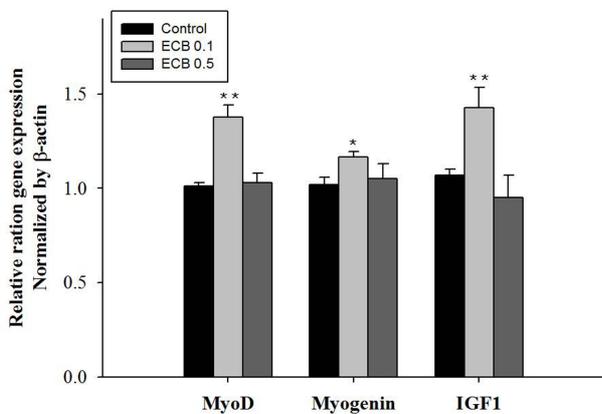


Fig. 1. *Ecklonia cava* increases gene expression of MyoD, Myogenin, and IGF1 in gastrocnemius muscle.

혈청 내 IgA, IgG, IgM

해조류는 소화 흡수율이 낮아 영양학적인 가치는 낮지만, 해조류에 함유된 탄수화물이 혈관 콜레스테롤 침착 방지 및 장관 운동을 원활하게 하고, 중금속 배출을 촉진시키며 고지혈증의 개선 등, 식용 해조류로부터 생리활성물질들이 확인되면서 기능성 식품으로서의 관심이 모아지고 있다[17, 18].

흰쥐에게 ECB를 첨가급여 후 혈액 내 면역글로블린 IgA, IgG, IgM을 분석한 결과는 Table 5와 같다. ECB 0.1에서 IgA와 IgG는 대조군에 비해 약 18.6%, 21.6% 증가하였고, ECB 0.5 그룹에서는 약 12.6%, 10.8%가 유의하게 증가하였다. 이는, 해조류에 다량 함유된 alginate가 효소에 의해 alginate oligomer가 되며, 면역세포에서의 cytokine 분비 증가와 아연의 생체 이용률을 개선시키면서, 체내 면역시스템 활성화에도 직간접적으로 기여하는 등 많은 기능성 연구를 뒷받침하고 있다[19, 20].

장내 미생물

프리바이오틱스는 유익한 장내 미생물의 성장이나 활성을 촉진하며, 올리고당, 키토산, 식이섬유 등이 다량 함유되어 있는 채소류 및 해조류 등이 광범위하게 사용 되어지고 있다. 그 중 감태는 유산균 등의 유익한 미생물의 성장을 촉진함으로써 가축의 생산성을 향상시킨다는 보고가 있다[21-23]. 본 연구에서는 *Lactobacillus* spp., *E. coli*, Total bacteria의 총균수를 분석하였으며 결과는 Fig. 2와 같다. *Lactobacillus* spp. 총 균수 분석에서 대조그룹은 4E+06 ± 2.E+06 cfu/g, ECB 0.1 그룹은 3E+0.7 ± 1.E+07 cfu/g으로

Table 5. Mean values of serum IgA, IgG, IgM of the rat treated with the *Ecklonia cava*.

Group	IgA (µg/ml)	IgG (µg/ml)	IgM (µg/ml)
Control	91.9 ± 7.8 ^a	2511.5 ± 202.1 ^a	458.8 ± 29.1 ^a
ECB 0.1	108.5 ± 19.5 ^b	2826.8 ± 141.3 ^b	447.1 ± 34.6 ^a
ECB 0.5	111.8 ± 22.0 ^b	2783.1 ± 217.7 ^b	460.4 ± 24.9 ^a

ECB, *Ecklonia cava* by-product; Different superscript letters within a column indicate significant difference of the means ($p < 0.05$).

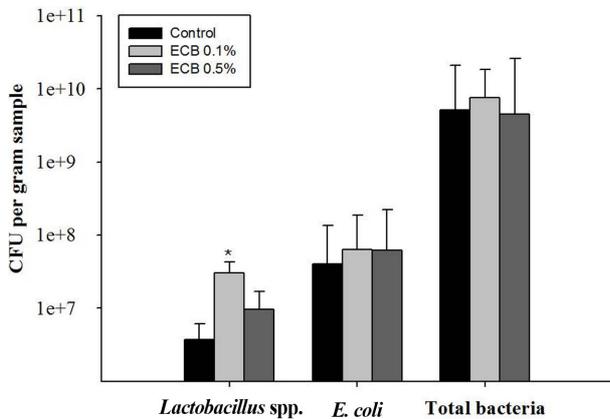


Fig. 2. Quantification of cecal bacteria by plate count method in the group of rats fed with *Ecklonia cava* by-product.

약 24.4%가 유의하게 증가하였고, ECB 0.5 그룹은 $1E+0.7 \pm 7.E+06$ cfu/g으로 증가하였으나 유의하지 않았다. *E. coli*와 Total bacteria의 총 균수 분석에서는 유의한 차이가 없었다.

요약

본 연구에서는 제주연안에 서식하는 감태에서 폴리페놀을 추출하고 남은 가공부산물을 이용하여 가축의 생산성 및 면역력을 증진할 수 있는 소재를 개발하고자 하였다. 흰쥐를 이용하여 감태 가공부산물을 0.1% 첨가 급여한 그룹에서 체중 증가량과 맹장 내 *Lactobacillus* spp.의 유의한 증가가 확인되었다. 또한, 혈액 분석 결과 일반적 혈액분석항목에서는 변화가 없었으나, IgA와 IgG 항목에서 유의한 증가가 나타났다. 흰쥐의 전체적인 체중 증가와 더불어 비복근을 절개하여 근육 성장 관련 유전자 발현을 분석한 결과, MyoD, Myogenin, IGF-1의 유의한 증가가 확인되었다. 감태 가공부산물 0.1% 급여 효과가 면역력을 증진하고, 근육 성장에 기여하여 체중증가에 직접적으로 영향을 준 것임을 시사한다.

최종적으로 감태 가공부산물을 폐기하지 않고 성분 분석 및 효능 평가를 통해 생산성 증가용 기능성 사료첨가제로의 가능성을 확인하였으며, 향후 양계, 양돈 등 다양한 축종을 대상으로 생산성 평가 및 생리기능 평가가 수반되어야 할 것이다.

Acknowledgement

This work was supported by the Kyungdong University research fund (NO.2019295).

Conflict of Interest

The authors have no financial conflicts of interest to declare.

References

1. JiMENEz-EscRiG A, Goñi IC. 1999. Nutritional evaluation and physiological effects of edible seaweeds. *Arch. Latinoam. Nutr.* **49**: 114-120.
2. Mabeau S, Fleurence J. 1993. Seaweed in food products: biochemical and nutritional aspects. *Trends Food Sci. Technol.* **4**: 103-107.
3. Ahn M-J, Yoon K-D, Min S-Y, Lee JS, Kim JH, Kim TG, et al. 2004. Inhibition of HIV-1 reverse transcriptase and protease by phlorotannins from the brown alga *Ecklonia cava*. *Biol. Pharm. Bull.* **27**: 544-547.
4. Kang HS, Chung HY, Kim JY, Son BW, Jung HA, Choi JS. 2004. Inhibitory phlorotannins from the edible brown alga *Ecklonia stolonifera* on total reactive oxygen species (ROS) generation. *Arch. Pharm. Res.* **27**: 194-198.
5. Kang K, Park Y, Hwang HJ, Kim SH, Lee JG, Shin H-C. 2003. Antioxidative properties of brown algae polyphenolics and their perspectives as chemopreventive agents against vascular risk factors. *Arch. Pharm. Res.* **26**: 286-293.
6. Ko Y, Yang H, Kang S, Kim E, Jang I. 2007. Effects of a blend of *Prunus mume* extract as an alternative to antibiotics on growth performance, activity of digestive enzymes and microflora population in broiler chickens. *J. Anim. Sci. Technol.* **49**: 611-620.
7. Lee J, Shin Y, Kim K. 2014. Screening of bifidobacteria for the development of probiotics inhibiting intestinal pathogenic bacteria. *Microbiol. Biotechnol. Lett.* **42**: 211-218.
8. Koh C-M, Joo H-J, Park H-S. 1984. In vitro antifungal activity of amphotericin B, clotrimazole and 5-Fluorocytosine in alone and in combination against candida species. *J. Korean Soc. Microbiol.* **19**: 35-40.
9. Cai Y, Luo Q, Sun M, Corke H. 2004. Antioxidant activity and phenolic compounds of 112 traditional Chinese medicinal plants associated with anticancer. *Life Sci.* **74**: 2157-2184.
10. Park K-T, Park S-N, Sim I-S. 2018. Effect of *Ecklonia cava* by-product on immune response and growth factors. *KSBB J.* **33**: 261-267.
11. Amiot M, Riva C, Vinet A. 2016. Effects of dietary polyphenols on metabolic syndrome features in humans: a systematic review. *Obes. Rev.* **17**: 573-586.
12. Relaix F, Zammit PS. 2012. Satellite cells are essential for skeletal muscle regeneration: the cell on the edge returns centre stage. *Development* **139**: 2845-2856.
13. Arnold H-H, Braun T. 1999. 4 Genetics of muscle determination and development, pp. 129-164. *Current topics in developmental biology*, Ed. Elsevier.
14. Sara VR, Hall K. 1990. Insulin-like growth factors and their binding proteins. *Physiol. Rev.* **70**: 591-614.

15. Song W-Y, Choi J-H. 2016. Effects of *Oenanthe javanica* and *Allium tuberosum* on lipid content in rats fed a high-fat high-cholesterol diet. *J. Life Sci.* **26**: 302-308.
16. Cho S-B, Kwon S-H, Lee J-H, Lee Y-J, Kang C-W, Paik H-D, et al. 2009. Effect of dietary plant extracts (Coxynil, Growell, Respowell) in broilers. *J. Life Sci.* **19**: 1547-1552.
17. Beak E. 2007. A study on the distribution structure of seaweed market in Korea. *Korea Marit Rev.* **272**: 55-68.
18. Im Y-G, Choi J-S, Kim D-S. 2006. Mineral contents of edible seaweeds collected from Gijang and Wando in Korea. *Fish Aquat Sci.* **39**: 16-22.
19. Maruyama H, Tamauchi H, Hashimoto M, Nakano T. 2003. Antitumor activity and immune response of Mekabu fucoïdan extracted from Sporophyll of *Undaria pinnatifida*. *In Vivo* **17**: 245-249.
20. Zhang W, Oda T, Yu Q, Jin J-O. 2015. Fucoïdan from *Macrocystis pyrifera* has powerful immune-modulatory effects compared to three other fucoïdians. *Mar. Drugs.* **13**: 1084-1104.
21. Hwang J-H, Kim K-J, Lee B-Y. 2017. Crude *Ecklonia cava* flake extracts attenuate inflammation through the regulation of TLR4 signaling pathway in LPS-Induced RAW264. 7 Cells. *Molecules* **22**: pii E777.
22. Lee T, Hwang J-H, Kim K-J, Lee B-Y. 2017. *Ecklonia cava*-derived polysaccharide prevent hydroperoxide-induced oxidative stress and neurotoxicity in human microglial HMO6 cells. *J. Food. Nutr. Res.* **5**: 187-190.
23. Lee S-H, Kim K-N, Cha S-H, Ahn G-N, and Jeon Y-J. 2006. Comparison of antioxidant activities of enzymatic and methanolic extracts from *Ecklonia cava* Stem and leave. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **35**: 1139-1145.