

반려견 건강증진을 위한 보라지유 활용 가능성 평가

김민지, 서강민, 천주란, 전중환, 김찬호, 정지연, 김기현*
농촌진흥청 국립축산과학원

The evaluation of borage oil to use in pet foods

Min ji Kim, Kangmin Seo, Ju Lan Chun, Jung Hwan Jeon,
Chan Ho Kim, Ji Yeon Jung, Ki Hyun Kim*
National Institute of Animal Science, Rural Development Administration

요약 본 연구에서는 반려견의 건강증진을 위해 보라지유를 사료에 혼합하여 급여하였을 경우 사료로써의 안전성을 평가하고 염증완화 효능이 있는지 알아보았다. 총 12마리의 공시견을 대상으로 보라지유 1% 또는 2% 함유된 사료를 12주간 급여 실시한 후 혈액 생화학, 혈액 세포, 사이토카인 등의 안전성 평가 실험을 실시하였다. 또한 경피 수분 손실도를 측정하여 피부 건강에 미치는 보라지유의 효능을 평가하였다. 본 급여 시험의 결과, 보라지유는 반려견의 체중, 혈액세포, 면역관련 사이토카인에 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 그리고, 경피 수분 손실도 측정 결과 역시 유의적인 차이를 보이지 않았다. 하지만, 혈액 내 젖산탈수소효소의 농도는 보라지유 함유 사료를 먹기 전과 비교하여 유의적으로 감소한 것을 확인하였다. 본 실험을 통해, 보라지유를 섭취하였을 경우 반려견에서 체중감소 및 혈액 지표 이상 등의 문제점을 야기하지 않고, 오히려 체내 세포 손상 정도를 감소시키는 효과의 가능성을 확인하였다. 본 연구 결과를 통해, 보라지유가 반려견 사료원료로써 안전하게 활용될 수 있을 것으로 보인다.

Abstract The purpose of this study was to investigate the safety and anti-inflammatory effects of borage oil on dogs. Twelve dogs were fed on a commercial diet of 1% or 2% borage oil alone for twelve weeks. To assess safety, the changes in body weight, blood cells, and immune-related cytokines were analyzed. The results showed that there was no significant difference in body weight, complete blood count (CBC), and immunomodulatory cytokines between the dogs fed with diets without or with borage oil. Also, there was no change in transepidermal water loss (TEWL). However, the amount of lactate dehydrogenase (LDH) was reduced significantly in the dogs fed on a borage oil diet. In summary, the addition of borage oil to pet food did not result in any significant health issues. Moreover, borage oil could contribute to a reduction in cell damage in aged dogs although it did not decrease TEWL. Therefore, borage oil could be safe for use in pet foods.

Keywords : Borage Oil, Dogs, Pet Food, Safety, Lactate Dehydrogenase

본 논문은 농촌진흥청 반려동물연구사업단(세부과제번호: PJ01395603) 연구사업의 지원에 의해 이루어진 것임. 본 연구는 2020년도 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원 과정 지원사업에 의해 이루어진 것임.

*Corresponding Author : Ki Hyun Kim(National Institute of Animal Science, RDA)
email: kihyun@korea.kr

Received October 5, 2020

Revised November 6, 2020

Accepted December 4, 2020

Published December 31, 2020

1. 서론

보라지(borage)는 지중해연안이 원산지인 한해살이 식물이며, 40~100 cm 까지 자라고 푸른색의 꽃을 피운다. 보라지에는 필수 지방산이 다량 함유되어 있고, 보라지의 잎과 꽃잎은 술, 음식, 그리고 약재 등 다양한 목적으로 활용되고 있다. 특히 생리활성 물질인 감마 리놀렌산(γ -linolenic acid)이 23% 정도로 높게 발견된다. 이는 감마 리놀렌산을 많이 함유하고 있다고 알려진 달맞이꽃 (8~10%) 보다도 많은 량이다[1]. 감마 리놀렌산은 카르복실기 말단에서부터 6, 9, 12번째의 탄소에 cis 이중결합을 갖는 탄소 수가 18개인 직쇄상 지방산이다. 감마 리놀렌산은 세포의 주요한 구성 성분인 프로스타글란딘(prostaglandin)이라는 물질을 합성하기 위해 필요한 중간물질 역할을 하며, 또한 항염증 프로스타글란딘으로 전환되어 항염증 효과를 가지며, 혈중 고지방 및 당뇨에도 효과가 있는 것으로 알려져 있다[2, 3].

감마 리놀렌산은 또한 오메가 6 지방산으로 피부의 구성과 기능 유지에 관여한다[4]. 아토피 피부염이 있는 유아와 어린이에게 감마 리놀렌산을 다량 함유하고 있는 보라지유를 발라주었을 때 피부 장벽 기능이 정상화되고 경피수분손실도가 감소하는 효과를 보였으며, 실제 아토피 치료를 위해서도 사용되어지고 있다[5, 6, 7]. 그리고, 보라지유는 류머티스에도 효과가 있는 것으로 보고된 바가 있다[8]. 이는 보라지유에 함유된 감마 리놀렌산이 가지고 있는 항염증 효과라고 알려져 있다[9]. 하지만 보라지유를 섭취하였을 경우 두통과 위장장애 등의 부작용이 일어날 수 있다고 한다[10].

반려동물에서 자주 발생하는 질환 중 가장 대표적인 것으로 피부질환을 들 수 있다. 염증성 피부질환은 재발이 쉽고 치료기간이 긴 것이 보편적이다. 본 연구에서는 반려동물의 피부질환 완화 혹은 예방을 위해 기능성 사료 원료로써 보라지유를 활용할 수 있는 지에 대한 조사를 실시하였다.

2. 재료 및 방법

2.1 공시축 및 시험디자인

본 연구의 동물 실험은 국립축산과학원 동물실험윤리위원회의 승인을 받아 진행하였다(NIAS-20181434). 총 12마리의 9살 연령의 반려견 공시하였으며, 슈나우저 3마리, 푸들 7마리, 말티즈 2마리를 3처리구에 4마리씩

품종 및 체중을 고려하여 임의배치 하였다. 처리구별 각 개체를 하나의 반복수로 인정하여 처리구당 4반복으로 배치하여 통계분석에 필요한 최소 반복수 3반복 이상을 확보하였다. 시험 디자인은 AAFCO (2019)에서 제시하는 일일 영양소 요구량을 충족하는 일반 시판사료 급여 구(무처리구)와 일반사료에 보라지유를 각각 1%와 2%를 첨가한 그룹으로 설계하였다.

2.2 사양관리

사료급여량은 각 품종별 체중을 고려하여 일일 대사에너지 요구량을 기준으로 산정하여, 푸들 90g, 말티즈 70g, 슈나우저 120g씩을 각 처리구에 해당하는 시험사료를 일일 2회에 나누어 총 12주간 급여하였다. 보라지유 및 시험사료의 영양성분 화학적 조성은 Table 1과 2에 나타내었다.

Table 1. Analyzed chemical composition of Borage oil

Chemical composition	Unit	Amount
Moisture	%	38.9
Crude protein	%	0.10
Acid hydrolysis ether extract	%	52.8
Crude fiber	%	0.19
Ash	%	0.02
Calcium	mg/kg	119.4
Phosphate	mg/kg	145.6
Energy	kcal/kg	5.441

Table 2. Analyzed chemical composition of Borage oil contained dog's food

Chemical composition	Unit	Amount
Moisture	%	7.62
Crude protein	%	32.6
Acid hydrolysis ether extract	%	21.0
Crude fiber	%	1.88
Ash	%	8.75
Calcium	%	2.13
Phosphate	%	1.40
Energy	kcal/kg	4.898

피부질환에 대한 효능 검증을 위해 이전 연구에서 사용된 보라지유 내 감마 리놀렌산 하루 섭취 농도는 어른의 경우 240-480 mg 그리고 어린이 대상일 경우 240-480 mg을 사용하였다[10]. 또한, 식약처에서는 콜레스테롤 및 피부개선 효과를 위한 경우 일일 권장량

240mg-300mg을 제시하고 있다. 이러한 자료들을 근거로 본 연구에서는 보라지유 내 감마리놀렌산 농도가 최저 200 mg 이하 및 최고 400 mg 이하를 기준 범위로 설정하였다. 시험기간 동안 하루섭취 에너지 기준으로 보라지유 1% 첨가한 그룹은 평균 172 mg/d(125 mg/MJ diet ME), 그리고 2%를 첨가한 그룹은 397 mg/d(250 mg/MJ diet ME)의 감마리놀렌산을 섭취할 수 있도록 사료에 첨가하여 급여하였다. 시험기간 동안 음수는 자유 음수를 실시하였으며, 일일 2시간 이상 야외에서 운동할 수 있도록 하였다.

2.3 분석항목 및 분석방법

2.3.1 경피 수분 손실도

피부장벽기능을 나타내는 지수인 경피 수분 손실도는 핸드형 경피수분손실도 측정기(지피스킨베리어, 지파워, 한국)를 이용하여 측정하였다. 개체별로 귀, 겨드랑이, 그리고 서혜부 세 부위의 오른쪽과 왼쪽을 모두 측정하였다. 개시 시점부터 실험 종료 시까지 매 4주 간격으로 측정하였다.

2.3.2 혈구분석

혈액은 23G 주사기와 EDTA가 함유되어 있는 진공 채혈관(BD 367863)을 이용하여 경정맥에서 4 mL 채취한 후 혈구 분석기로 분석하였다. 혈액 내에 존재하는 적혈구 및 백혈구 수치 검사는 개시 및 종료 시점 그리고 이후 4주 간격으로 실시하였다. 혈구 분석은 Mindray Medical International Co., Ltd 사에서 제조한 BC-5300 Vet과 시약을 사용하였다.

2.3.3 면역관련 인자 분석

면역관련 사이토카인 분석을 위해 혈액을 3,000 rpm에서 10분간 원심 분리하여 혈장을 분리하였다. 혈장 내 인터루킨 2(ILC-IL 2-2, Raybiotech), 인터루킨 10(ILC-IL 10-1, Raybiotech) 그리고 인터페론 감마(ILC-IFN γ -1, Raybiotech)는 해당 항체 제품 회사에서 제시하는 방법에 따라 효소면역측정법(Enzyme-linked immunospecific assay: ELISA)을 사용하여 검출하였다.

2.4 혈액 생화학 분석

채취한 혈액은 혈액 생화학 분석을 위해 원심분리기로 3000 rpm에서 10분간 처리하여 혈장만을 분리하였다. 혈액에서 분리한 혈장 샘플은 분석 전까지 초저온 냉동

고(-80℃)에서 보관하였다. 분석 직전 얼음 위에서 녹인 후 생화학분석기(HITACHI 7180, Japan)를 이용하여 실시하였다.

2.5 통계분석

통계분석은 통계분석 프로그램 SPSS statistics 17.0을 이용하여 분석하였다. 본 실험의 대상동물은 처리구 내에 다른 품종이 공시되어, 품종 간의 차이 효과를 통제하기 위하여 품종변수를 공변량으로 설정하였으며, 보라지유 처리 농도를 독립변수로 하여 공변량 분산분석(analysis of covariance; ANCOVA)을 실시하여 통계적 유의성을 분석하였다. 유의수준 0.05 이하일 때, 처리구간의 유의성을 인정하였으며, 처리구간의 통계적 차이는 Tukey 방법으로 사후 검정을 실시하였다. 또한, 개시 시점 대비 종료시점의 변화량에 대한 통계분석은 Repeated-ANCOVA를 이용하여 처리구간에 시간경과에 따른 보라지유의 첨가 효과를 분석하였다.

3. 결과

3.1 증체율에 미치는 영향

보라지유 섭취가 체중에 미치는 영향을 알아보기 위해 2주 간격으로 체중을 측정하여 그 변화 양상을 비교하였다(Table 3). 보라지유가 포함된 사료를 먹은 개체와 그렇지 않은 개체 사이에서의 유의적 차이는 나타나지 않았다. 또한 보라지유를 1% 함유한 사료와 2%를 함유한 사료를 섭취한 그룹간 증체율에 대한 유의적 차이 또한 발견되지 않았다.

Table 3. The difference of gaining body weights

Week	None ¹⁾	1% ²⁾	2% ³⁾	p-value
0	100±0.0	100±0.0	100±0.0	-
2	99.6±1.2	98.8±1.0	97.9±1.4	0.622
4	101±1.0	97.8±0.8	98.5±1.6	0.171
6	98.4±2.6	99.8±0.5	101.3±1.5	0.500
8	99.2±1.6	98.9±0.4	99.2±1.3	0.942
10	89.8±4.8	96.1±0.7	90.9±2.7	0.358
12	84.8±5.3	93.8±1.5	88±2.8	0.221

Data are mean±standard error; ¹⁾Commercial diets without borage oil; ²⁾Commercial diets with 1% borage oil; ³⁾Commercial diets with 2% borage oil

3.2 피부 보호 장벽에 미치는 영향

보라지유 섭취가 피부에 미치는 영향을 알아보기 위해 일반 사료를 급여한 개체와 보라지유를 함유한 사료를 먹은 개체들의 귀, 겨드랑이, 서혜부 부위에서 경피 수분 손실도를 측정하였다(Table 4). 귀, 겨드랑이, 서혜부 각각의 부위별 경피수분 손실도는 보라지유 함량 차이에 따른 유의적 차이를 보이지 않았으며, 또한 보라지유를 섭취한 그룹과 일반 사료를 섭취한 그룹 간에도 경피 수분 손실도 측정 값 간의 유의적 차이는 관찰되지 않았다.

Table 4. The changes of transepidermal water loss (TEWL)

A. Ears				
Week	None ¹⁾	1% ²⁾	2% ³⁾	p-value
0	100±0	100±0	100±0	-
4	197±57	168±21	144±25	0.631
8	200±30	102±5	179±66	0.270
12	146±41	130±12	272±131	0.420
B. Armpits				
Week	None ¹⁾	1% ²⁾	2% ³⁾	p-value
0	100±0	100±0	100±0	-
4	109±16	113±11	139±28	0.521
8	108±47	195±67	177±54	0.536
12	86±14	143±32	179±20	0.053
C. Groin				
Week	None ¹⁾	1% ²⁾	2% ³⁾	p-value
0	100±0	100±0	100±0	-
4	92±18	72±19	117±37	0.507
8	127±30	74±20	95±27	0.398
12	63±14	101±18	141±34	0.120

Data are mean±standard error; ¹⁾Commercial diets without borage oil; ²⁾Commercial diets with 1% borage oil; ³⁾Commercial diets with 2% borage oil

3.3 혈액 세포 구성에 미치는 영향

보라지유의 섭취가 반려동물 건강에 미치는 영향을 알아보기 위해 보라지유가 함유된 사료를 급여한 실험군 개체들의 혈액 분석을 통해 면역세포를 포함한 혈액 세포들의 변화 양상을 조사하였다(Table 5). 혈액세포 구성 중 백혈구와 적혈구를 포함한 혈구 조성 분석 결과, 보라지유를 섭취한 그룹과 섭취 하지 않은 그룹 간의 유의적 차이는 나타나지 않았다.

Table 5. The changes (%) of complete blood cell composition

Items	None ¹⁾	1% ²⁾	2% ³⁾	p-value
Neu%	96±19	97±11	102±11	0.954
Lym%	98±11	80±10	102±10	0.431
Mon%	114±36	148±34	112±30	0.581
Eos%	12±6	6±2	25±1	0.204
Neu#	430±61	363±61	331±34	0.565
Lym#	98±29	77±10	120±9	0.389
Mon#	93±11	144±24	132±28	0.385
Eos#	14±10	6±2	24±1	0.285
RBC	410±82	367±88	237±45	0.405
HGB	105±5	105±5	88±5	0.583
HCT	104±6	104±5	91±4	0.638
MCV	115±3	115±3	124±3	0.557
MCH	110±3	109±2	116±2	0.779
MCHC	99±1	99±1	108±1	0.405
RDW-CV	90±3	91±2	93±2	0.623
RDW-SD	106±4	102±4	79±2	0.373
PLT	116±4	111±5	125±4	0.686
MPV	84±16	62±14	71±18	0.592
PDW	107±3	113±4	135±4	0.405
PCT	103±2	105±2	107±2	0.294

Abbreviations: WBC, white blood cell; NEU, neutrophil; LYM, lymphocyte; MON, monocyte; EOS, eosinophil; RBC, red blood cell; HGB, hemoglobin; HCT, hematocrit; MCV, mean corpuscular volume; MCH, mean cell haemoglobin; MCHC, mean corpuscular hemoglobin concentration; RDW-CV, red blood cell distribution width measured by variation coefficient; RDW-SD, red blood cell distribution width measured by standard deviation; PLT, platelet; MPV, mean platelet volume; PDW, platelet distribution width; PCT, plateletcrit

3.4 면역조절 사이토카인에 미치는 영향

혈구 분석을 통해 면역세포들의 변화가 없는 것을 확인 후, 보라지유 섭취가 면역세포에 의한 면역 조절 사이토카인의 발현에 영향을 미치는지에 대한 조사를 실시하였다. 사료 내 첨가한 보라지유가 섭취 후 면역체계에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 IL-2, IL-10 그리고 IFN- γ 의 세 가지 사이토카인의 혈액 내 발현 정도를 분석하였다. 분석 결과, 보라지유 섭취 유무에 상관없이 세 가지 사이토카인 모두 영향을 받지 않은 것을 확인하였다(Table 6).

Table 6. The change (%) of immunomodulatory cytokines

Items	None ¹⁾	1% ²⁾	2% ³⁾	p-value
IL-2	82±12	86±13	143±13	0.540
IL-10	97±2	99±2	99±2	0.616
IFN-r	79±8	118±8	109±6	0.228

Data are mean±standard error; ¹⁾Commercial diets without borage oil; ²⁾Commercial diets with 1% borage oil; ³⁾Commercial diets with 2% borage oil. Abbreviations: IL-2, interleukin-2; IL-10, interleukin-10; IFN- γ , interferon gamma

3.5 혈액 생화학적 조성에 미치는 영향

보라지유가 함유된 사료와 일반사료를 먹은 개체의 혈액을 채취하여 혈액 생화학분석을 실시하였다. 일반적 항목에서의 변화는 없지만 보라지유가 함유된 사료를 섭취한 실험군에서 젖산탈수소효소(Lactate dehydrogenase; LDH)의 수치가 유의적으로 감소하는 것으로 나타났다 (Table 7). 하지만 사료 내 보라지유 함량이 1%인 그룹과 2%인 그룹간의 LDH 값은 유의적 차이를 보이지 않았다.

Table 7. The change (%) of the blood chemistry analysis

Items	None ¹⁾	1% ²⁾	2% ³⁾	p value
TP	88±5	102±2	97±2	0.056
ALB	87±6	98±2	98±2	0.156
AST	166±31	128±17	111±17	0.260
ALT	438±178	101±8	476±343	0.458
GGT	200±42	98±7	252±130	0.412
CRE	116±8	124±21	127±6	0.822
GLU	86±6	90±4	91±8	0.852
LDH	308±38 ^a	182±40 ^{ab}	147±26 ^b	0.024
CHO	91±8	99±5	93±5	0.599
TG	181±21	199±61	275±72	0.471
UN	148±19	136±25	137±15	0.898
IP	115±8	85±7	101±11	0.102
CK	158±15	119±19	102±26	0.192
CA	93±2	96±1	95±1	0.503
MG	110±4	108±2	113±2	0.583
NEFA	98±32	82±14	50±9	0.294

Data are mean±standard error; ¹⁾Commercial diets without borage oil; ²⁾Commercial diets with 1% borage oil; ³⁾Commercial diets with 2% borage oil; ^{a,b}Means with different superscripts within a same row significantly differ ($p < 0.05$). Abbreviations: TP, total protein; ALB, albumin; AST, aspartate aminotransferase; ALT, alanine aminotransferase; GGT, gamma glutamyl transferase; CRE, creatinine; GLU, glucose; LDH, lactate dehydrogenase; CHO, total cholesterol; TG, triglycerides; UN, urea nitrogen; IP, inorganic phosphorus; CK, creatine kinase; CA, calcium; MG, magnesium; NEFA, non-esterified fatty acid

4. 고찰

보라지유는 피부 장벽을 강화하여 피부 건강 상태를 개선시킨다고 알려져 있다[11, 12]. 하지만 현재까지 반려견이 섭취하였을 때 안전성의 문제가 없는지, 그리고 어떠한 피부 개선효과가 있는지는 알려진 바가 없다. 본 연구에서는 반려견이 섭취하였을 때 보라지유의 안전성

과 피부장벽의 건강 상태에 미치는 변화를 알아보기 위한 실험을 실시하였다. 첫 번째로, 보라지유의 안전성을 확인하기 위한 체중 변화를 관찰하였다. 체중은 반려견의 건강 상태를 살펴보는 가장 기초적인 자료가 된다[13, 14]. 보라지유를 섭취한 그룹과 그렇지 않은 그룹간의 증체율의 변화는 관찰되지 않았고, 보라지유의 섭취가 체중 변화를 야기하는 정도의 유해성을 가지고 있지는 않은 것으로 보인다.

그 다음으로 반려견 피부에 미치는 보라지유의 영향을 알아보기 위해 피부 장벽의 건강 정도를 측정하기 위해 경피 수분 손실 변화 정도를 조사하였다. 경피 수분 손실도는 피부장벽의 건강정도를 나타내는 대표적인 방법으로 피부를 통해 손실되는 수분의 정도를 측정하여 피부 장벽 기능 정도를 간접적으로 알아볼 수 있는 방법이다 [15, 16]. 외부에 노출되어 자극을 많이 받을 수 있는 귀와 상대적으로 부드러운 피부 조건을 가진 서혜부와 겨드랑이 부분에서 측정한 결과, 보라지유의 섭취가 피부 건강에 긍정적인 영향을 미친다는 결과를 얻지는 못했다. 하지만 본 실험에 사용된 반려견들은 습진 및 아토피 등의 피부 질환을 가지고 있지 않기 때문에 보라지유의 임상적 효능을 기대하기에는 어려움이 있다. 본 실험의 결과는 보라지유의 섭취가 반려견의 피부에 부정적인 영향을 미치지 않는다는 안전성 평가로는 활용가능하다고 보인다.

식품 원료로 안전하게 사용되는 원료라고 하더라도 반려견 사료로 사용하였을 경우의 안전성을 보장하는 것은 아니다[17]. 사람과 유사하게 특정 식품원료를 섭취하였을 경우 반려견에서도 식이성 알러지 반응이 일어나는 경우가 있다[18]. 알러지 반응은 다양한 신체 시스템에 영향을 미칠 수 있으며 피부, 위장관, 호흡기 및 중추 신경계와 관련된 징후가 나타날 수 있다.[19]. 앞선 선행 연구에서도 보라지유를 섭취하였을 경우 가벼운 부작용이 있다는 실험 결과를 발표하기도 하였다[9, 10]. 보라지유의 경우 사람을 위한 건강보조 식품으로 많이 활용되고 있으나 반려견 사료 원료로 사용되었을 경우 그 안전성에 대한 연구는 보고된 바가 없기 때문에, 이를 확인하기 위해 보라지유가 포함된 사료 섭취 후 그 안전성을 조사하였다.

보라지유 섭취한 반려견의 혈액을 조사한 결과 일반 사료를 섭취한 개체들과 같이 혈액세포의 조성에 유의적 변화는 발견되지 않았다. 이 결과를 통해 보라지유를 반려견 사료의 원료로 사용할 경우, 혈액 세포의 구성에 영향을 미칠만한 정도의 유해성은 존재하지 않을 것으로

보인다. 다음으로, 비록 혈액 세포 조성에는 변화가 없었지만 면역세포들에서 분비되는 면역 물질의 변화가 있는 건 아닌지에 대한 조사도 실시하였다. 인터루킨 2 (IL-2)는 면역반응에 관계하는 사이토카인의 일종으로 T 세포의 활성을 증가시키는 역할을 한다[20]. 인터루킨 10 (IL-10)은 염증 반응을 억제하고 면역 세포의 증식과 분화에 관여하는 것으로 알려져 있다[21]. 인터페론 감마 (IFN- γ)는 자연살해세포와 대식세포 등의 활성을 증가시켜 염증 반응을 일으키는 역할을 한다[22]. IL-2, IL-10 그리고 IFN- γ 를 분석한 결과 보라지유의 섭취가 면역조절 사이토카인에도 영향을 주지 않는 것으로 나타났다. 이는 보라지유를 반려견이 섭취하였을 때 세포성 면역 혹은 체액성 면역에 영향을 미치지 않을 가능성이 높다는 것을 의미한다.

혈액 생화학 분석은 다양한 질병의 진단과 건강 상태를 예측하기 위해 사용되는 검사 방법이다[11]. 사료 원료로 사용하였을 경우, 보라지유가 반려견의 신체에 미치는 영향을 간접적으로 확인하고자 보라지유를 섭취한 그룹과 그렇지 않은 그룹간의 혈액 내 생화학적 변화를 조사하였다. 앞선 혈구분석에서도 유의적 차이를 보이지 않았던 것과 비슷하게 혈액 생화학 분석에서도 젖산탈수소효소(Lactate dehydrogenase; LDH)를 제외한 나머지 항목에서는 보라지유에 의한 영향은 나타나지 않았다. LDH는 젖산을 피루브산으로 전환시키는 역할을 하는 효소이며, 체내 거의 모든 세포에 존재하지만 정상적인 상태에서는 혈액 내 적은 양만이 검출된다[23]. 반면, 조직의 손상 또는 생리적 세포 전환(cell turnover)이 증가하는 경우 혈중 젖산탈수소효소의 농도가 증가하기 때문에 조직 손상을 진단하고 치료 효과의 모니터링에 널리 사용된다[24]. 물론, 일부 비병리적 상태에서 혈액 내 젖산탈수소효소의 수준을 조절하는 예상치 못한 분자 메커니즘의 간섭을 배제할 수는 없지만[25], 조직 손상 정도를 유추할 수 있는 유용한 간접적 지표로서 활용 될 수 있다 [23, 24]. 특히 영국 피부과 의사협회, (the British Association of Dermatologists: BAD) 영국 피부 림프종 협회(UK Cutaneous Lymphoma Groups), 그리고 미국 국립 종합 암 네트워크(The American National Comprehensive Cancer Network: NCCN)은 LDH측정을 추천 검사 항목으로 두고 있다[25]. 본 연구에서 보라지유를 섭취한 개체에서 LDH의 값이 유의적으로 낮게 나타났으며, 이는 보라지유가 혈류 내로 방출되는 LDH의 양 감소에 영향을 미쳤을 가능성을 제시한다.

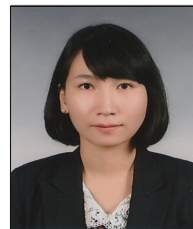
References

- [1] M. Timoszuk, K. Bielawska, E. Skrzydlewska, "Evening primrose (*Oenothera biennis*) biological activity dependent on chemical composition", *Antioxidants* (Basel), Vol.7, No.108, pp.1-11, Aug. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox7080108>
- [2] S. Sergeant, E. Rahbar, F. H. Chiltonc, "Gamma-linolenic acid, dihommo-gamma linolenic, eicosanoids and inflammatory processes" *European journal of pharmacology*, Vol.15, No.785, pp.77-86, Aug. 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.eiphar.2016.04.020>
- [3] J. K. Innes, P. C. Calder, "Omega-6 fatty acids and inflammation", *Prostaglandins Leukot Essent Fatty Acids*, Vol.132, pp.41-48, May 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.plefa.2018.03.004>
- [4] F. Puch, S. Samson-Villeger, D. Guyonnet, Jean-Luc Blachon, A. V. Rawlings, "Consumption of functional fermented milk containing borage oil, green tea and vitamin E enhances skin barrier function", *Experimental Dermatology*, Vol.17, No.8, pp.668-674, Aug. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1600-0625.2007.00688.x>
- [5] S. Chung, S. Kong, K. Seong, Y. Cho, "Gamma-linolenic acid in borage oil reverses epidermal hyperproliferation in guinea pigs", *The Journal of Nutrition*, Vol.132, No.10, pp.3090-3097, Oct. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1093/jn/131.10.3090>
- [6] T. K. Lin, L. Zhong, J. L. Santiago, "Anti-inflammatory and skin barrier repair effects of topical application of some plant oils", *International journal of molecular sciences*, Vol.19, No.70, pp.1-21, Dec. 2018. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19010070>
- [7] R. H. Foster, G. Hardy, R. G. Alany, "Borage oil in the treatment of atopic dermatitis" *Nutrition*, Vol.26, No.7-8, pp.708-718, Aug. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nut.2009.10.014>
- [8] J. J. F. Belch, A. Hill, "Evening primrose oil and borage oil in rheumatologic conditions1", *The American journal of clinical nutrition*, Vol.71, No.1 suppl, pp.352S-356S, Jan. 2000. DOI: <https://doi.org/10.1093/aicn/71.1.352s>
- [9] J. Fenner, N. B. Silverberg, "Oral supplements in atopic dermatitis", *Clinics in Dermatology*, Vol.36, No.5, pp.653-658, Oct. 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinidermatol.2018.05.010>
- [10] J. T. M. Bamford, S. Ray, A. Musekiwa, C. van Gool, R. Humphreys, "Oral evening primrose oil and borage oil for eczema", *Cochrane Library Systematic Review*, Vol.30, No.4, pp.CD004416, Apr. 2013. DOI: <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004416.pub2>

- [11] J. Kim, H. Kim, D. H. Jeong, S. H. Kim, S. K. Park, "Comparative effect of gromwell (*Lithospermum erythrorhizon*) extract and borage oil on reversing epidermal hyperproliferation in guinea pigs", *Biotechnology and Biochemistry*, Vol.70, No.9, pp.2086-2095, Sep. 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1271/bbb.60038>
- [12] K. Kim, S. Jeon, M. Kim, Y. Cho, "Borage oil restores acidic skin pH by up-regulating the activity or expression of filaggrin and enzymes involved in epidermal lactate, free fatty acid, and acidic free amino acid metabolism in essential fatty acid-deficient Guinea pigs", *Nutrition research*, Vol.58, pp26-35, Oct. 2018.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.nutres.2018.06.003>
- [13] K. R. Park, Y. C. Cho, "The abnormal rates of blood pressures and blood biochemical properties with BMI in health checkup examinees", *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, Vol.11, No.12, pp.4843-4853, Dec. 2010.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.12.4843>
- [14] C. Salt, P. J. Morris, R. F. Butterwick, E. M. Lund, T. J. Cole, A. "Comparison of growth patterns in healthy dogs and dogs in abnormal body condition using growth standards", *PLoS One*, Vol.15, No.9, pp.e0238521, Sept. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0238521>
- [15] S. J. Kang, A. J. Kim, Y. H. Lee, M. Lee, K. H. Joung, "The enhancing effect of atopic dermatitis by cosmetics containing estern medical herbs", *Korea Academy Industrial Cooperation Society*, Vol.10, No.11, pp.3500-3505, Nov. 2009.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.11.3500>
- [16] J. E. Kim, J. N. Lee, "The effects of cleansing oil on skin by preferred vegetable base oil", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol.20, No.4, pp.264-274, Apr. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.4.264>
- [17] C. Cortinovis, F. Caloni, "Household food items toxic to dogs and cats", *Frontiers in Veterinary Science*, Vol.3, No.26, pp.1-7, Mar. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fvets.2016.00026>
- [18] K. Masuda, A. Sato, A. Tanaka, A. Kumagai, "Hydrolyzed diets may stimulate food-reactive lymphocytes in dogs", *The Journal of veterinary medical science*, Vol.82, No.2, pp.177-183, Apr. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1292/jvms.19-0222>
- [19] M. J. Day, "The canine model of dietary hypersensitivity", *Proceedings of the nutrition society*, Vol.64, No.10, pp.458-464, Nov. 2005.
DOI: <https://doi.org/10.1079/PNS2005455>
- [20] D. M. Jones, K. A. Read, K. J. Oestreich, "Dynamic roles for IL-2-STAT5 signaling in effector and regulatory CD4+ T Cell populations", *The Journal of immunology*, Vol.205, No.7, pp.1721-1730, Oct. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.4049/jimmunol.2000612>
- [21] M. Oft, "Immune regulation and cytotoxic T cell activation of IL-10 agonists - Preclinical and clinical experience", *Seminars in immunology*, Vol.44, No.101325, pp.1-10, Aug. 2019.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.smim.2019.10132>
- [22] K. Schroder, P. J. Hertzog, T. Ravasi, D. A. Hume, "Interferon- γ : an overview of signals, mechanisms and functions", *Journal of leukocyte biology*, Vol.75, No.2, pp.163-189, Feb. 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1189/jlb.060325>
- [23] R. Klein, O. Nagy, C. T'othov'a, F. Chovanov'a, "Clinical and diagnostic significance of lactate dehydrogenase and its isoenzymes in animals", *Veterinary Medicine International*, Vol.15, No.5346483, pp.1-11, Jun. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1155/2020/5346483>
- [24] A. Livesey, F. Garty, A. R. Shipman, K. E. Shipman, "Lactate dehydrogenase in dermatology practice", *Clinical and Experimental Dermatology*, Vol.45, No.5, pp.539-543, Nov. 2020.
DOI: <https://doi.org/10.1111/ced.14134>
- [25] R. P. Kristjansson, A. Oddsson, H. Helgason, G. Sveinbjornsson, G. A. Arnadottir, "Common and rare variants associating with serum levels of creatine kinase and lactate dehydrogenase", *Nature communications*, Vol.7, No.1, pp.1-8, Feb. 2016.
DOI: <https://doi.org/10.1038/ncomms10572>

김민지(Min ji Kim)

[정회원]



- 2006년 2월 : 전남대학교 수의학 과(학사)
- 2009년 2월 : 충남대학교 수의학 과 (석사)
- 2006년 8월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

단위영양, 가축대사생리

서 강 민(Kang-Min Seo)

[정회원]



- 2013년 2월 : 국립한경대학교 동물·낙농생명과학전공 (농학석사)
- 2019년 3월 : 일본 북해도대학교 공생기반학전공 (농학박사)
- 2019년 5월 ~ 2020년 1월 : 일본 북해도대학교 박사후연구원
- 2020년 2월 ~ 현재 : 국립축산과학원 동물복지연구팀 전문연구원

<관심분야>

가축영양생리, 동물세포생리학

천 주 란(Ju Lan Chun)

[정회원]



- 2012년 5월 : 일로노이 주립대학교 줄기세포치료 전공 (박사)
- 2014년 10월 ~ 2018년 7월 충남대학교 산학협력단 계약교수
- 2019년 1월 ~ 2020년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원

- 2020년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물복지연구, 동물대체실험

전 중 환(Jung-Hwon Jeon)

[정회원]



- 2006년 2월 : 경상대학교 응용생명과학부 (이학박사)
- 2006년 6월 ~ 2007년 7월 : University of British Columbia (연구원)
- 2007년 12월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물복지, 동물행동, 동물발성음

김 찬 호(Chan Ho Kim)

[정회원]



- 2005년 2월 : 중앙대학교 동물자원과학과 (학사)
- 2008년 2월 : 중앙대학교 동물자원과학과 (석사)
- 2013년 2월 : 중앙대학교 동물자원과학과 (박사)

- 2014년 1월 ~ 2020년 6월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후연구원

- 2020년 7월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양, 가축영양, 동물복지

정 지 연(Jiyeon Jung)

[정회원]



- 2020년 2월 : 한양대학교 식품영양학과 (석사)
- 2020년 6월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 전문연구원

<관심분야>

영양유전체학, 생리활성평가

김 기 현(Ki Hyun Kim)

[정회원]



- 2013년 3월 : 일본 교토대학교 동물영양학 전공 (농학박사)
- 2013년 4월 ~ 2017년 2월 : 농촌진흥청 국립축산과학원 박사후 연구원
- 2017년 2월 ~ 현재 : 농촌진흥청 국립축산과학원 농업연구사

<관심분야>

동물영양학, 사료