

창자파래 추출물에 의한 조피볼락 근육의 화학성분 변화

배태진* · 강동수 · 최옥수¹ · 이영재 · 김경은 · 김현주

여수대학교 식품공·영양학부
¹순천제일대학 식생활과

Changes in Chemical Components of Muscle from Korean Rockfish(*Sebastes schlegeli*) by *Enteromorpha intestinalis* Extract

Tae-Jin Bae*, Dong-Soo Kang, Ok-Soo Choi¹, Young-Jae Lee, Kyoung-Eun Kim and Hyun Joo Kim

Division of Food Technology and Nutrition, Yosu National University, Yosu 550-749, Korea
¹Department of Food Science, Suncheon First College, Suncheon 540-744, Korea

Abstract

A eight weeks feeding experiment was conducted to investigate the effects of different dietary dimethyl- β -propiothetin (DMPT) levels on growth and chemical components in Korean rockfish (*Sebastes schlegeli*). The content of DMPT extracted from *Enteromorpha intestinalis* by autoclaving was 31.1 mg%. Body weight gain and feed efficiency were significantly increased with dietary DMPT level. After eight weeks of feeding trial, moisture content decreased with supplemented DMPT level, while crude protein and lipid contents increased with dietary DMPT level. Amino acid contents of muscle was elevated in the DMPT added groups compared to control group. Amino acid composition of muscle in fish fed the diets supplemented DMPT was not different to that of control group. Fatty acid contents of muscle in fish increased with dietary DMPT level.

Key Words – Korean rockfish, dimethyl- β -propiothetin, weight gain, amino acid, fatty acid

서 론

해조류의 휘발성 성분으로는 합황화합물, 산류, aldehyde류, alcohol류, terpene류, phenol류 및 탄화수소류 등이 알려져 있다[16,17]. 이러한 해조류의 향기성분 중에서 해면냄새의 근원으로 알려진 dimethyl sulfide(DMS)는 해양과 연안의 식물성 플랑크톤 체내에서 형성된 뒤 해수와 대기 중으로 방출되어 지구대기 황의 약 50%를 차지한다

[1]. 또한 DMS는 전구물질로서 3급 합황화합물로 잘 알려진 dimethyl- β -propiothetin(DMPT)이 알칼리 조건 또는 효소적(DMPT-dethiomethylase) 작용에 의하여 쉽게 가수분해되어 acrylic acid와 함께 생성된다[11,14].

생물의 섭식행위는 그 생물의 생존을 위한 필수적인 행동의 하나로서 섭식행동에 관한 어류의 자극은 매우 다양하게 이루어지고, 각 생물은 섭식의 대상이 되는 먹이의 존재를 그 먹이에서 유래하는 화학물질에 의해 탐색하거나, 또는 그 섭식행동이 사료에서 유래하는 화학물질에 의하여 제어되고 있음이 알려져 왔다[9,18]. 더구나 근래에는 수산자원의 고갈이 심각하게 문제화되어 양식산업의 중요

*To whom all correspondence should be addressed
Tel: 061-659-3216 Fax: 061-653-0466
E-mail: bea5658@yosu.ac.kr

성이 강조되어 각종 어패류의 증양식을 위한 여러 가지 연구가 행해지고 있다. 따라서 해양생물 그 중에서 유용한 수산자원의 섭취행동의 화학적 연구는 그 의미에서도 매우 중요한 것이라고 할 수 있다. 섭취촉진 물질은 영양원으로서는 큰 효과를 기대할 수 없으나 미량으로도 기호성을 개선시켜 섭취량이나 사료 효율을 높여 성장촉진 효과를 가져오고 결국 경제성을 높이는 효과가 있다[19]. 따라서 어업이나 양식업에서 이러한 섭취촉진 물질을 이용하여 어군의 화학적 유인, 어업용 인공사료 및 양어용 사료의 개발에 응용시키고 있다[28]. 섭취촉진 물질에 대한 연구나 어류의 화학 감각에 관한 연구의 대부분은 아미노산과 핵산 관련물질 등의 정미성분을 이용한 섭취유인 효과에 대한 연구가 주종을 이루고 있는데[9,18,29], DMPT는 특유의 냄새로 인하여 금붕어, 잉어 및 무지개송어 등의 담수어류와 참돔과 넙치, 방어 등의 몇몇 해산어류에 대하여 DMPT를 사료에 혼합하여 사육한 결과 높은 활성을 보이며[21-23], 어류의 섭취자극 및 성장촉진, 운동능력 증진, 저항력 증강 효과 등의 광범위한 생리활성을 나타내는 것으로 알려져 있다[5,19]. DMPT는 해양 동식물에 널리 분포하는 것으로 보고되어 있으며, 그 중에서도 특히 구멍갈파래 및 창자파래와 같은 녹조류에 가장 많이 함유되어 있고, 모자반류 및 대황과 같은 갈조류 그리고 패류의 내장에도 많이 함유되어 있다[12,13].

따라서 본 연구에서는 양질의 수산식품을 얻기 위하여 다양한 생리활성을 가지는 DMPT를 해조류로부터 효과적으로 추출하여 조피볼락의 사료에 농도별로 투여하여 사육하였을 때 어체의 성장촉진 및 화학적 성분의 변화에 미치는 영향을 검토하였다.

재료 및 방법

DMPT의 추출

1. 실험재료

시료로 사용한 창자파래(*Enteromorpha intestinalis*)는 전라남도 여수시 돌산읍 인근 연안에서 채취하여 흐르는 수도수로 충분히 세척한 후 진공동결건조기(Dura-Dry™ μP, FTS SYSTEM, Inc. Livonia, MI, USA)를 이용하여 수분함량을 2% 정도 되도록 건조하여 waring blender로 분쇄하고 표준체로 입자크기를 100 mesh 이하로 하여 -40℃ 동결

고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

2. DMPT 추출물 조제

시료로부터 DMPT 추출은 Fig. 1과 같은 방법으로 하였다. 즉 100 mesh이하로 분쇄한 창자파래 분말 5 g에 물과 acetone(2:1, v/v)의 혼합 용액을 15배량 첨가하여 sonicator(Sonics & Materials Inc., Model VC 375, Newtown, CT, USA)를 이용하여 먼저 초음파 처리를 행하였다. 초음파 처리 조건은 5분간 처리 후 정지시간을 20초로 하였으며, 초음파 강도는 200W/cm²로 하였다. 초음파 처리된 창자파래로부터 DMPT는 121℃의 멸균기에서 45분간 추출하여 냉각시켰다. 계속하여 원심분리(3,000×g, 30분)시켜 상층액을 농축하였으며, 여기에 10 ml의 methanol을 가하여 3회 반복 추출한 액을 다시 농축하였다. 농축물은 ether로 세척한 후 다시 냉각된 methanol을 가하여 결정화시키고 methanol을 제거한 것을 DMPT의 추출물로 하였다.

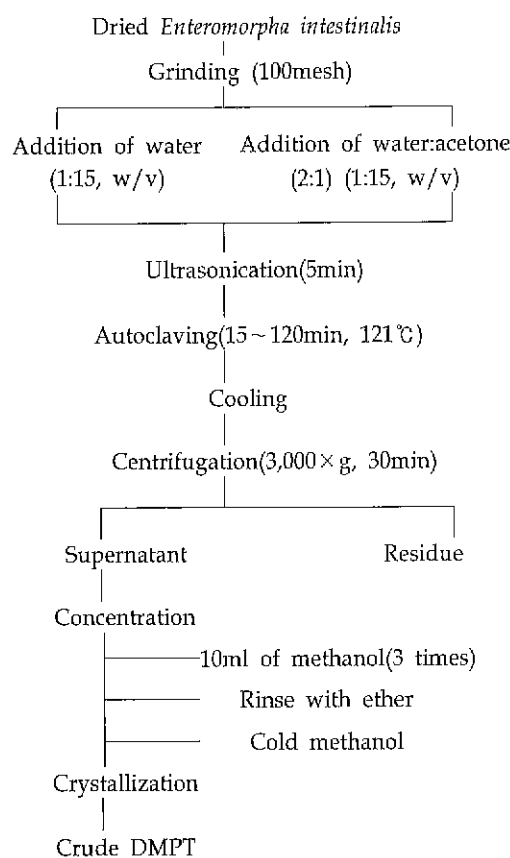


Fig. 1. Procedure for extracting crude DMPT from *Enteromorpha intestinalis* by autoclaving.

3. DMPT 정량

먼저 10 ml vial에 DMS(東京化成, M0431, 99%)를 10~200 µl를 넣고 gas tight syringe를 이용하여 시료병내의 headspace gas를 gas chromatography(GC, Shimadzu GC-17A, Tokyo, Japan)에 주입하여 DMS농도에 대한 피크 면적과의 관계식을 구하였다. 그리고 다시 10 ml 시료병에 DMPT 표준품(東京化成, C1240, Lot FIE01)을 농도별로 넣고 포화 NaOH용액 5 ml를 첨가하여 50℃에서 3분간 가온시켜 발생한 headspace gas를 gas tight syringe로 GC에 주입하여 분석하였다. 이때 DMPT가 알칼리 조건하에서 분해되어 발생한 DMS를 retention time으로 확인하였으며, 발생한 DMS의 양은 DMS농도에 대한 피크 면적과의 관계식을 이용하여 검량선을 구하고(Fig. 2), 이것에 2.1을 곱하여 DMPT 양으로 산출하였다[10,27]. 이때의 GC 분석조건은 Table 1과 같다. 또한 시료로부터 추출하여 결정화시킨 crude DMPT의 정량도 이와 같은 방법을 이용하여 추출물 일정량을 vial에 넣고 포화 NaOH용액을 첨가하여 50℃에서 3분간 가온시켜 발생한 DMS 양을 GC로 측정하여 검량선으로 부터 DMPT 함량을 측정하였다.

실험사료 제조

실험사료 1은 단백질원으로서 어분을, 지질원으로는 오징어간유를, 탄수화물원으로는 텍스트린을 사용하여 Table 1에 나타낸 조성에 따라 원료들을 잘 혼합한 후 원료 100 g

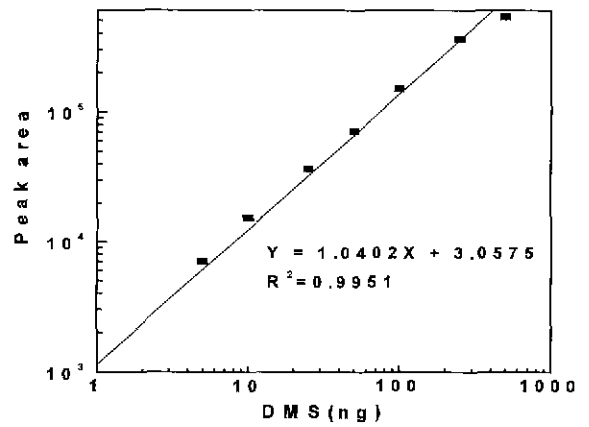


Fig. 2. Standard calibration curve of dimethyl sulfide.

당 물 40%를 첨가하여 제조하였고(대조구), 실험사료 2, 3 및 4는 대조구에 DMPT를 각각 10 mg, 20 mg 및 30 mg을 각각 첨가하여 제조하였으며, 제조된 실험 사료는 -30℃에 보관하면서 사용하였다. 제조된 총 5가지 실험 사료의 조단백질 함량은 50.7%, 조지방은 6.6% 및 조회분은 13.2%였다.

실험어 및 사육관리

실험에 사용한 조피볼락은 전라남도 수산시험연구소 종묘배양장에서 생산된 것을 시판배합사료로 4주간 예비사육을 시킨 다음, 사육 실험전 실험사료의 적응을 위해 2주간 실험사료를 공급하였다. 실험사료의 적응이 끝난 후 사육 실험을 위해 전일 절식시킨 후 어체를 측정하고 100 l

Table 1. Operating conditions of gas chromatography for quantification of DMS and DMPT

Instrument	GC-17A ¹⁾	
Column specifications	Column	DB-1 ²⁾
	Column dimensions	30 m × 0.32 mm
	Carrier gas flow	He, 1 ml/min
Gas chromatography specifications	Detector	FID ³⁾
	Detector temperature (°C)	300
	Injector temperature (°C)	270
Temperature program specifications	Initial temperature (°C)	40
	Initial time (min)	10
	Temperature rise (°C/min)	10
	Final temperature (°C)	200
	Final time (min)	10

¹⁾Shimadzu, Tokyo, Japan.

²⁾Fused silica capillary column (J & W Scientific, Folsom, USA).

³⁾Flame ionization detector.

수조에 30마리씩 2반복으로 5개 수조에 수용하여 8주간 사육 실험을 하였다.

실험어는 평균체중 6.0 g 내외로 먹이는 1일 2회(오전 9시, 오후 5시)에 만복에 가깝게 공급하였고, 사육수는 여과해수를 사용하여 유수량은 5 ℓ/min로 조절하였으며 적절한 산소 공급을 위해 각 실험수조에 에어스톤을 설치하였다. 사육기간 중의 수온은 19.5℃~24.5℃였으며, 비중은 1.022~1.024범위였다.

어체 성분분석에 사용한 실험어 선정은 먼저 사육 개시 시점에 무작위로 30마리를 추출하여 사용하였고, 그리고 사육 개시 4주후 및 8주후에는 각 실험구별로 10마리씩 무작위로 추출하여 사용하였으며, 분석과정 중 모든 시료는 냉동 보관(-30℃)하였다.

실험어 성장 측정

실험어의 체장과 체중은 사육개시전과 사육 4주 및 8주 후에 미리 24시간 절식시킨 후 무작위적으로 10마리를 취하여 MS-222 100 ppm으로 마취시켜 스트레스를 최소화하여 측정하였다.

일반성분의 분석

실험어체의 일반 성분은 상법[2]에 따라 수분은 상압가열건조법, 단백질은 semi-micro Kjeldahl법, 지방은 Soxhlet법, 회분은 건식회화법으로 분석하였다.

구성 아미노산 분석

시료 0.5 g을 취하여 유리 ampoule에 넣고 6N HCl 3 ml를 가하여 질소가스로 충전한 뒤 110℃의 sand bath에서 24시간 가수분해하였다. 분해액을 glass filter로 여과하고 감압 건조하여 HCl을 완전히 제거한 다음 증류수 10 ml를 가하여 다시 감압 건조하였다. 이어서 pH 2.2의 구연산 완충액으로 100 ml로 정용한 다음 아미노산 자동분석기(Biochrom 20, Pharmacia Inc., Cambridge, England)로 분석하였다.

지방산 분석

지방산 분석을 위하여 Bligh & Dyer법[4]에 따라 총지질을 추출하여 혼합지방산을 제조하였고, 3% BF₃/methanol로써 지방산 methylester로 조제하여 GC(Shimadzu GC-17A, Tokyo, Japan)로 분석하였으며, 분석조건으로는 ca-

Table 2. Composition of the experimental diets

Ingredient	Diets No.			
	1	2	3	4
DMPT (mg)	0	10	20	30
White fish meal (%)	60	60	60	60
Dextrin (%)	15	15	15	15
Squid liver oil (%)	8	8	8	8
Vitamin premix ¹⁾ (%)	3	3	3	3
Mineral premix ²⁾ (%)	4	4	4	4
Sodium alginate (%)	3	3	3	3
α -cellulose (%)	7	7	7	7
Nutrient content				
Crude protein (%)	50.7			
Crude lipid (%)	6.6			
Crude ash (%)	13.2			

¹⁾Halver[8].

²⁾H-440 premix NO.5 (mineral)[25].

pillary column(0.25 μ m DB-wax fused silica, 0.32 mm I.D., 30 m)을 사용하여 180℃로 승온한 후 8분간 유지한 다음 3℃/min 속도로 230℃까지 승온하였고, 이동상은 He을 1 ml/min로 흘렸으며 FID detector를 사용하였다. 그리고 각 지방산 정량을 위하여 외부표준품으로 14:0, 16:0, 18:0, 20:0, 22:0, 24:0, 14:1, 16:1n-7, 18:1n-7, 18:1n-9, 20:1n-9, 22:1n-9, 18:2n-6, 20:2n-6, 18:3n-3, 20:3n-6, 20:3n-3, 18:4n-3, 20:4n-6, 20:4n-3, 22:4n-6, 20:5n-3, 22:5n-6, 22:5n-3 및 22:6n-3(순도 99% 이상, Sigma, St. Louis, USA)을 사용하였고, 정량은 data system CLASS-GC10(Shimadzu Seisakusha Co. Ltd. Tokyo, Japan)을 이용하여 시료 건조물에 대한 각 지방산의 mg/100g으로 나타내었다.

통계처리

모든 실험결과는 SPSS professional statistics Ver. 7.5 (SPSS Inc.)를 사용하여 분산분석(ANOVA test)을 수행하였으며, 각 평균간의 유의성 검정은 Duncan's multiple range test[6]로 p<0.05 수준에서 행하였다.

결과 및 고찰

창자파래의 DMPT함량

Fig. 1과 같이 창자파래로부터 추출한 DMPT의 함량은

Table 3. Performance of Korean rockfish fed the four different diets for 8 weeks

	Diets No.			
	1	2	3	4
Initial mean weight (g)	6.0±0.2 ^{6)a}	6.0±0.2 ^a	6.0±0.2 ^a	6.0±0.2 ^a
Final mean weight (g)	15.8±0.3 ⁶⁷⁾	19.3±0.3 ^c	21.7±0.3 ^b	22.4±0.3 ^a
Mean weight gain (g)	9.8±0.2 ^d	13.3±0.2 ^c	15.7±0.2 ^b	16.4±0.2 ^a
Weight gain (%) ¹⁾	163.3±3.1 ^c	221.7±3.1 ^b	261.7±3.4 ^{ab}	273.3±3.5 ^a
Daily weight gain (%) ²⁾	1.88±0.01 ^d	2.15±0.02 ^c	2.26±0.02 ^b	2.31±0.02 ^a
Feed efficiency (%) ³⁾	49.3±0.1 ^c	54.2±0.1 ^b	56.8±0.1 ^{ab}	57.7±0.1 ^a
Daily feed intake ⁴⁾	3.85±0.01 ^b	3.90±0.02 ^b	4.15±0.02 ^{ab}	4.20±0.02 ^a
Condition factor ⁵⁾	2.13±0.01 ^b	2.16±0.02 ^{ab}	2.20±0.02 ^{ab}	2.23±0.02 ^a

¹⁾(Fish weight gain×100)/Initial fish weight.

²⁾ $\frac{(\text{Fish weight gain} \times 100)}{[(\text{Initial fish weight} + \text{final fish weight}) \times \text{days fed} / 2]}$.

³⁾(Fish weight gain×100)/Feed intake.

⁴⁾ $\frac{(\text{Feed intake} \times 100)}{[(\text{Initial fish weight} + \text{final fish weight}) / 2] \times \text{days fed}}$.

⁵⁾(Wet weight/total length³)×100.

⁶⁾Values are mean±SD (n=10).

⁷⁾Values with different superscripts in the same raw are significantly different (P<0.05).

건조 시료 100 g당 31.1 mg이었으며, crude DMPT의 순도는 85%였다.

실험어의 성장효과

DMPT추출물의 첨가 농도에 따른 성장에 미치는 영향을 보면, 체중증가율은 대조구에 비하여 DMPT추출물을 첨가한 실험구가 약 1.36~1.67배 정도 높게 나타났다. 그 중에서 30 mg 첨가구가 가장 높게 나타나 첨가한 농도가 증가함에 따라 높은 성장촉진 효과를 보였으나, 20 mg 첨가구와는 그다지 큰 차이를 나타내지 않아 경제성을 고려한 효과를 보면 투여량은 20 mg이 적당할 것으로 판단된다. 사료효율도 DMPT추출물 첨가구가 대조구에 비해 높게 나타났다(Table 3).

합성한 DMPT를 조피볼락의 사료 100 g당 58.5 mg을 첨가하여 8주간 사육한 결과 대조구에 비하여 약 1.2배의 체중증가율을 나타낸 보고[15]와 비교하여 보면 다소 높은 성장촉진 효과를 보였다. 금붕어와 무지개송어의 사료 100 g당 11.7 mg을 첨가하여 9일 동안 사육한 결과, 금붕어의 경우 대조구에 비하여 체중증가율은 약 2.6배, 사료효율은 약 2.3배 높게 나타났으며, 무지개송어의 경우 체중증가율

은 약 1.9배, 사료효율은 약 1.5배 높게 나타난 것으로 보고 [21]되어 있다. 그리고 참돔의 사료 100 g당 58.5 mg을 첨가하여 18일 동안 사육한 결과, 체중증가율이 대조구에 비하여 약 2.5배 높게 나타났으며, 방어의 경우는 사료 100 g당 11.7 mg을 첨가하여 13일 동안 사육한 결과 체중증가율이 대조구의 약 4.8배로 높게 나타났고, 넙치는 13주 동안 사육하였을 때 약 1.3배 높게 나타난 것으로 보고[23]되어 있다. 이상과 같이 DMPT 첨가에 의한 성장효과는 어종, 첨가농도, 사료의 조성, 사육환경 등에 따라 차이가 큰 것으로 보여지며, 본 실험에서 사용한 추출물이 합성품보다는 효과가 좋은 것으로 나타났다.

실험어의 성분 변화

실험개시전과 종료후 조피볼락 근육의 일반성분 변화는 Table 4에 나타내었다. 실험개시전 수분 함량은 77.8±0.2%에서 실험종료 후 77.5±0.2~75.8±0.2%로 약간 감소하였으며, DMPT추출물의 농도가 증가함에 따라 수분 함량이 감소하는 경향을 나타내었다. 조단백질 함량은 대조구 17.1±0.1%에 비하여 실험구는 17.5±0.1~18.0±0.1%로 다소 높게 나타났으며, DMPT첨가 농도가 높을수록 증가하는

Table 4. Proximate composition of the muscle from Korean rockfish fed experimental diets for 8 weeks (%)

Composition	Initial	Diets No.			
		1	2	3	4
Moisture	77.8±0.2 ^{1)a}	77.5±0.2 ^a	76.8±0.2 ^{ab}	76.1±0.2 ^{ab}	75.8±0.2 ^b
Crude protein	17.9±0.1 ^a	17.1±0.1 ^b	17.5±0.1 ^{ab}	17.9±0.1 ^{ab}	18.0±0.1 ^a
Crude lipid	2.3±0.1 ^b	2.3±0.1 ^d	2.6±0.1 ^c	2.8±0.1 ^b	3.1±0.1 ^a
Crude ash	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a	1.4±0.1 ^a

¹⁾Values are mean±SD (n=10).

²⁾Values with different superscripts in the same row are significantly different (P<0.05).

Table 5. Amino acid contents in the experimental diet and the muscle from Korean rockfish fed experimental diets for 8 weeks (mg/100 g)

Amino acids	Feed	Initial	Diets No.			
			1	2	3	4
Aspartic acid	1,104.4	412.2	398.6	406.2	416.3	421.8
Threonine	391.1	163.6	148.2	160.5	162.7	160.4
Serine	384.2	122.4	112.9	118.5	124.6	127.3
Glutamic acid	1,416.3	551.7	554.4	549.2	558.2	562.5
Proline	486.4	95.4	87.0	97.3	96.3	95.5
Glycine	862.2	200.9	194.6	196.7	198.4	201.1
Alanine	759.6	274.1	257.9	261.8	272.4	278.6
Cystine	40.4	37.5	29.6	36.0	36.7	37.4
Valine	364.6	150.8	141.3	149.1	148.1	153.3
Methionine	288.4	132.9	122.7	128.8	133.9	135.8
Isoleucine	273.9	132.3	118.8	114.3	130.7	134.5
Leucine	688.4	312.9	299.0	296.9	315.3	308.6
Tyrosine	269.5	139.8	128.6	141.5	137.9	139.6
Phenylalanine	366.3	157.5	144.2	164.2	160.8	159.6
Histidine	28.7	112.7	102.4	114.3	112.2	116.0
Lysine	797.9	379.0	370.9	374.5	386.9	375.4
Arginine	569.3	224.9	206.2	217.5	223.7	228.0
Total	9,091.6	3,600.6	3,417.3	3,527.3	3,615.1	3,635.4

경향을 나타내었다. 조지방 함량은 실험개시전 2.3±0.1% 인데 비하여 실험종료후에는 2.3±0.1~3.1±0.1%로 다소 증가하였으며, DMPT첨가 농도가 높은 실험구일수록 높게 나타났다. 조회분은 실험전과 종료후 각 실험구 간의 변화가 없이 비슷한 경향을 나타내었다. 이는 조피볼락의 경우 합성한 DMPT를 첨가하였을 때도 첨가 농도가 증가함에 따라 수분함량은 감소하고, 조지방과 조단백질은 증가하며, 조회분은 변화를 나타내지 않았다는 보고[15]와 일치하였다. 또한 체중증가와 함께 성장함에 따라 지방의 함량은

증가하나 수분은 감소하며, 단백질 및 무기질 함량변화는 적은 편이라는 보고[20]와 유사하였다. 일반적으로 어체의 일반성분은 사료 공급량, 사료 배합에 큰 영향을 받으며 [24,30], 어체의 조성 중에서 조지방이 가장 많은 영향을 받는다고 알려져 있다[3,26,30].

실험사료와 실험어 근육의 구성 아미노산 함량의 변화는 Table 5에 나타내었다. 먼저 실험사료의 구성 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, glycine, lysine, alanine, leucine 등의 아미노산 함량이 다른 아미노산의 함량에 비

해 높은 값을 나타내었고, cystine과 histidine이 낮은 함량을 보였다. 실험개시전 실험어 근육의 구성 아미노산은 glutamic acid, aspartic acid, lysine, leucine, alanine 등의 함량이 높게 나타났으며, 실험종료후 대조구와 비교해 함량비에 있어서 큰 변화를 나타내지는 않았다. 그리고 실험

종료후 각 실험구의 총 구성 아미노산 함량은 대조구가 3,417.3 mg/100 g인데 비하여 10 mg첨가구가 3,500.3 mg/100g, 20 mg첨가구가 3,615.1 mg/100g, 30 mg첨가구가 3,635.4 mg/100 g로 나타나 DMPT추출물 농도가 높은 실험구일수록 구성 아미노산의 함량이 높게 나타나는 경향을

Table 6. Fatty acid contents in the experimental diet and the muscle from Korean rockfish fed experimental diets for 8 weeks (mg/100 g)

Fatty acids	Feed	Initial	Diets No.			
			1	2	3	4
14:0	98.5	16.0	18.3	18.6	16.1	19.6
16:0	359.2	98.3	90.9	86.5	96.3	109.7
18:0	116.5	54.0	79.5	88.0	97.8	101.4
20:0	33.6	16.0	12.5	16.9	20.8	22.5
22:0	194.6	22.8	37.7	37.1	39.7	41.0
24:0	42.0	66.3	19.6	17.3	19.6	17.1
Saturated	844.4	273.4	258.5	264.4	290.3	311.3
14:1	96.1	9.8	40.8	37.7	40.6	44.2
16:1n-7	478.1	60.3	152.5	171.9	186.5	196.8
18:1n-(7+9)	713.5	368.9	260.0	278.2	306.6	314.7
20:1n-9	45.6	9.8	19.9	20.8	19.5	23.5
22:1n-9	81.7	18.3	34.3	42.9	40.6	46.3
Monoene	1,415.0	467.1	507.4	551.5	593.8	625.5
18:2n-6	717.1	239.9	216.4	240.2	301.1	310.4
20:2n-6	49.3	5.0	26.8	20.9	30.3	28.5
18:3n-3	39.6	33.1	20.4	17.9	26.5	22.1
20:3n-3	85.3	38.2	43.2	37.4	36.9	35.3
20:3n-6	27.6	38.3	31.1	36.7	35.4	42.1
18:4n-3	73.1	20.8	35.5	41.2	40.7	41.3
20:4n-3	136.9	16.0	57.9	61.2	57.9	63.9
20:4n-6	96.1	51.0	37.7	39.4	42.1	39.4
22:4n-6	235.4	130.3	77.2	83.2	90.9	94.1
20:5n-3	179.0	38.2	63.0	68.2	67.5	71.0
22:5n-3	42.0	28.2	31.9	33.2	39.4	41.3
22:5n-6	300.3	49.2	77.7	79.8	82.8	85.5
22:6n-3	379.6	55.3	68.8	75.0	79.1	87.4
Polyene	3,361.3	743.5	787.6	834.3	930.6	962.3
n-3 acid	935.5	229.8	320.7	334.1	348.0	362.3
n-6 acid	1,425.8	513.7	466.9	500.2	582.6	600.0
C ₁₆ acid	837.3	158.6	243.4	258.4	282.8	306.5
C ₁₈ acid	1,659.8	716.7	611.8	665.5	772.7	789.9
C ₂₀ acid	653.4	212.5	292.1	301.5	310.4	326.2
C ₂₂ acid	1,233.6	304.1	327.6	351.2	372.5	395.6
Total	4,620.7	1,484.0	1,553.6	1,650.2	1,814.7	1,899.1

보였으며, 이는 DMPT에 의한 섭취촉진으로 체내 단백질 함량의 증가 때문인 것으로 판단된다. 한편, 각 실험구간의 각 아미노산의 함량비에 있어서는 큰 차이를 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 조피볼락의 사료에 합성한 DMPT를 첨가하였을 경우 첨가 농도가 클수록 구성 아미노산의 함량은 증가하나 아미노산의 함량비는 비슷하다는 보고[15]와 일치하였다.

실험사료의 지방산과 실험어 근육의 지방산 변화는 Table 6에 나타내었다. 실험에 사용한 사료의 지방산 함량은 포화산이 844.4 mg/100 g, 모노엔산이 1,415 mg/100 g, 폴리엔산이 2,361.3 mg/100 g로 폴리엔산의 함량이 높게 나타났다. n-6계 지방산의 함량이 n-3계 지방산 함량보다 높은 값을 보였으며, 탄소수로 보면 C₁₈ 지방산이 1,659.8 mg/100 g, C₂₂ 지방산이 1,233.6 mg/100 g를 함유하고 있었으며, 사료의 총 지방산 함량은 4,620.7 mg/100 g였다. 실험개시전의 실험어 근육의 총 지방산 함량은 1,484.0 mg/100 g였으며, 그 중에서 포화산이 273.4 mg/100 g, 모노엔산이 467.1 mg/100 g, 폴리엔산이 743.5 mg/100 g로 폴리엔산의 함량이 많았고, C₁₈ 지방산의 함량이 716.7 mg/100 g로 지방산의 주체를 이뤄 다른 지방산 함량에 비해 월등히 높게 나타났으며, n-6계 지방산의 함량이 n-3계 지방산 함량보다 높은 값을 보였다. 실험종료 후 총 지방산 함량을 보면 대조구가 1,553.6 mg/100 g인데 비하여 10 mg첨가구는 1,650.2 mg/100 g, 20 mg첨가구는 1,814.7 mg/100 g, 30 mg첨가구는 1,899.1 mg/100 g로 나타나 DMPT추출물 첨가 농도가 높을수록 지방산 함량도 높은 값을 나타내었다. 그리고 실험 개시전에 비하여 종료 후에는 총 지방산의 함량이 크게 증가하여 조지방의 변화와 일치하였으며, 대조구와 DMPT추출물을 첨가한 실험구간의 지방산 함량비는 사료의 지방산 함량비와 비슷해 사료의 영향을 많이 받은 것으로 추정된다. 이러한 결과는 조피볼락의 사료에 합성한 DMPT를 첨가한 경우 첨가 농도의 증가에 따라 총 지방산의 함량이 증가하며, 특히 EPA와 DHA 같은 폴리엔산의 함량이 증가한다는 보고[15]와 유사하였다. 그리고 참돔은 EPA 및 DHA와 같은 n-3계 고도불포화지방산을 필수지방산으로 요구[7]하며, 실험사료에서 지질원으로 사용된 대구 간유에 고도불포화지방산이 다량 첨가되어 실험어의 지방산이 사료의 영향으로 고도불포화지방산의 함량이 높게 나타난 것으로 사료된다.

이상과 같이 창자과래로부터 DMPT를 추출하여 참돔의 사료에 10 mg, 20 mg 및 30 mg을 각각 배합하여 8주간 사육한 결과 체중증가율, 사료효율, 어체의 아미노산과 지방산 함량 등이 대조구에 비하여 높게 나타나 성장촉진효과를 확인할 수 있었다. 그 동안 DMPT의 뛰어난 섭취촉진 및 성장촉진효과에도 불구하고 합성품의 낮은 경제성 때문에 실용화되지 못하던 것을 이러한 미이용자원으로부터의 추출 이용이 가능할 것으로 판단되며, 앞으로 여러 어종에 대한 적정 투여 함량을 결정하고 맛과 육질개선 등의 품질향상에 관한 연구도 이루어져야 할 것이다.

요 약

안정적인 양식산업 육성과 양질의 수산식품 공급을 위해 수산물 중에 다량으로 분포하며 섭취촉진물질로 알려진 DMPT를 효과적으로 추출하여 이용하기 위한 기초자료를 얻고자 창자과래로부터 DMPT를 추출하여 사료 100 g당 10 mg, 20 mg, 30 mg씩 첨가한 실험용 사료로 8주 동안 사육한 조피볼락에 대한 DMPT의 성장효과 및 화학적 성분에 미치는 영향에 대한 결과는 다음과 같다.

창자과래로부터 추출한 DMPT의 함량은 건조 시료 100 g당 31.1 mg이었으며, crude DMPT의 순도는 85%였다.

8주간 사육한 후 성장효과를 보면 DMPT 첨가구는 대조구에 비해 체중증가율이 높게 나타났으며, 사료효율과 사료 섭취량도 역시 대조구에 비해 높게 나타나 DMPT가 섭취 및 성장을 촉진시키는 것으로 나타났다.

일반성분 변화를 보면 DMPT의 농도가 높을수록 수분 함량은 감소하고 조단백질과 조지방의 함량은 증가하는 경향이였다.

구성 아미노산 함량의 변화에서는 대조구에 비하여 DMPT 첨가 농도의 증가에 따라 높게 나타났으며, 각 구성 아미노산의 함량비에서는 서로 유사한 경향이였다.

지방산 함량의 변화를 살펴보면, 실험개시전에 비해 지방산 함량이 증가하였고, DMPT의 첨가 농도가 높을수록 지방산의 함량도 증가하여 조지방의 함량 변화와 일치하였다.

참 고 문 헌

1. Anderae. M. O. and H. Raemdonck. 1983. Dimethyl

- sulfide in the surface ocean and the marine atmosphere, *A global view. Science* **221**, 744-747.
2. A.O.A.C. 1984. *Official methods of analysis*. Association of Official Analytical Chemists. p. 1141, 14th ed. Arlington. AV.
 3. Belal, I. E. H. and H. Assem. 1995. Substitution of soybean meal and oil for fish meal in practical diets fed to channel catfish, *Ictalurus punctatus*(Rafinesque) :effects on body composition. *Aquaculture Research* **26**, 141-145.
 4. Bligh, E. G. and W. J. Dyer. 1959. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J. Biochem. Physiol.* **37**, 911-917.
 5. De Souza M. P., Y. P. Chen and D. C. Yoch. 1996. Dimethylsulfonylpropionate lyase from the marine macroalgae *Ulva curvata* : purification and characterization of the enzyme. *Planta* **199**, 433-438.
 6. Duncan, D. B. 1959. Multiple range and multiple F tests. *Biometrics* **1**, 1-42.
 7. Fujii, M., H. Nakayama and Y. Yone. 1976. Effect of ω 3 fatty acids on growth, feed efficiency and fatty acid composition of red sea bream (*Chrysophrys major*). Report of Fishery Research Laboratory, *Kyushu University* **3**, 65-86.
 8. Halver, J. E. 1957. Nutrition of salmonoid fishes III. Water-soluble vitamin requirements of chinook salmon. *J. Nutr.* **62**, 225-243.
 9. Iida, H. 1981. In "Chemical Sense of Fish and Feeding Stimulants" (ed. by Japan. Soc. Sci. Fish.). pp. 75-84, Koseisha Koseikaku, Tokyo.
 10. Iida, H. 1988. Studies on the accumulation of dimethyl- β -propiothetin and the formation of dimethyl sulfide in aquatic organisms. *Bull. Tokai Reg. Fish. Res. Lab.* **124**, 35-111.
 11. Iida, H., J. Nakazoe, H. Saito and T. Tokunaga. 1986. Effect of diet on dimethyl- β -propiothetin content in fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* **52**, 2155-2161.
 12. Iida, H., K. Nakamura and T. Tokunaga. 1985. Dimethyl sulfide and dimethyl- β -propiothetin in sea algae. *Nippon Suisan Gakkaishi* **51**, 1145-1150.
 13. Iida, H. and T. Tokunaga. 1986. Dimethyl sulfide and dimethyl- β -propiothetin in shellfish. *Nippon Suisan Gakkaishi*, **52**, 557-563.
 14. Kadota, H. and Y. Ishida. 1968. Effect of salts on enzymatical production of dimethyl sulfide from *Gyrodinium cohnii*. *Nippon Suisan Gakkaishi* **34**, 512-518.
 15. Kang, D. S., Y. C. Cho, O. S. Choi, Y. J. Lee, H. S. Kim and T. J. Bae. 2000. Effects of dimethyl- β -propiothetin(DMPT) on chemical components of Korean rockfish, *Sebastes schlegeli*. *Korean J. Life Sci.* **10**, 292-299.
 16. Katayama. T. 1961. Chemical studies on constituents of seaweed-XVI. Their phylogenetic and biochemical significance. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **27**, 75-84.
 17. Katayama. T. 1962. Volatile constituents. In "Physiology and Biochemistry of Algae"(R.A. Lewin ed.). pp. 467-473, Academic Press, London.
 18. Kiyohara, S. 1981. In "Chemical Sense of Fish and Feeding Stimulants" (ed. by Japan. Soc. Sci. Fish.). pp. 63-84, Koseisha Koseikaku, Tokyo.
 19. Matsushita, T. 1994. In "Chemical Stimulants for Feeding Behavior of Fish and Shellfish"(ed. by Japan. Soc. Sci. Fish.). pp. 120-127, Koseisha Koseikaku, Tokyo.
 20. Murai, T., T. Akiyama, T. Takeuchi, T. Watanabe and T. Nose. 1985. Effects of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.* **54**, 605-608.
 21. Nakajima. K. 1992. Activation effect of a short term of dimethyl- β -propiothetin supplementation on goldfish and rainbow trout. *Nippon Suisan Gakkaishi* **58**, 1453-1458.
 22. Nakajima, K., A. Uchida and Y. Ishida. 1989. A new feeding attractant, dimethyl- β -propiothetin, for fresh water fish. *Nippon Suisan Gakkaishi* **55**, 689-695.
 23. Nakajima, K, A. Uchida and Y. Ishida. 1990. Effect of a feeding attractant, dimethyl- β -propiothetin, on growth of marine fish. *Bull. Nippon Suisan Gakkaishi* **56**, 1151-1154.
 24. Nandeesh, M. C., S. S. De Silva and D. S. Murthy. 1995. Use of mixed feeding schedules in fish culture: performance of common carp, *Cyprinus carpio* L., on plant and animal protein based diets. *Aquaculture Research* **26**, 161-166.
 25. N.A.S.(National Academy of Sciences). 1973. Nutrient requirements of trout, salmon and catfish. p. 50, N.A.S., Washington, D. C.
 26. Pongmaneerat, J., T. Watanabe, T. Takeuchi and S. Satoh. 1993. Use of different protein meal as partial or total substitution for fish meal in carp diets. *Nippon Suisan Gakkaishi* **59**, 1249-1257.
 27. Simo, R. 1998. Trace chromatographic analysis of dimethyl sulfoxide and related methylated sulfur compounds in natural waters. *J. Chromatogr. A* **807**, 151-164.

28. Takeda, M. 1981. in "Chemical Sense of Fish and Feeding Stimulants" (ed. by Japan. Soc. Sci. Fish.). pp. 109-111, Koseisha Koseikaku, Tokyo.
29. Takii, K., S. Shimeno, Y. Takeda and S. Kamekawa. 1986. The effect of feeding stimulants in diet on digestive enzyme activities of eel. *Nippon Suisan Gakkaishi* **52**, 1449-1454.
30. Zeitler, M. H., M. Kirchgessner and F. J. Schwarz. 1984. Effects of different protein and energy supplies on carcass composition of carp(*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture* **36**, 37-48.