

<https://doi.org/10.15433/ksmb.2021.13.2.076>

ISSN 2383-5400 (Online)

발효굴 섭취가 중년 여성의 신체조성, 근력 및 혈중 근성장 인자에 미치는 영향

Effects of Fermented Oyster Extract Supplementation on Body Composition, Muscular Strengths and Blood Muscle Growth Factors in Elderly Women

박정현¹, 김동석², 이배진³, 허정수⁴, 전병환⁵

Joung-Hyun Park¹, Dong-Seok Kim², Bae-Jin Lee¹, Jung-Soo Her³, Byeong Hwan Jeon²

^{1,3}스마트해양바이오센터, (주)마린바이오프로세스, 부산, 46048, 대한민국

^{2,5}경성대학교, 스포츠건강학과, 부산, 47227, 대한민국

⁴연세대학교, 연세생활건강, 서울, 03722, 대한민국

^{1,3}Smart Marine Bio Center, Marine Bioprocess Co., Ltd., Busan 46048, Korea

^{2,5}Department of Sports and Health Science, Kyungsoo University, Busan 48434, Korea

⁴Yonsei University Nutrition & Health, Seoul 03722, Korea

(Received 25 October 2021, Revised 17 November 2021, Accepted 22 November 2021)

Abstract *Crassostrea gigas* were fermented using *L. brevis* BJ20 to prepare fermented oyster extract (FO). The participants of this study were randomly assigned to FO and placebo (CON) groups. The FO group was given 1.0 g of FO supplementation and the CON group was given sucrose each day for eight weeks. The effects of FO supplementation on body composition, muscular strength, and blood factors associated with muscle growth were assessed. The FO supplement was enriched with arginine (6,183.3 mg), phenylalanine (217.9 mg), leucine (122.6 mg), isoleucine (59.8 mg), valine (16.4 mg), and γ -amino butyric acid (GABA, 1,053.7 mg). The total fat was significantly decreased in the FO group compared with the CON group ($p < 0.05$). 60D/S Ext.T/Work and 60D/S Flex.T/Work concomitantly with 60D/S Flex.PeakTQ/BW were significantly increased by FO treatment compared to CON group ($p < 0.05$). However, posture stability was not significantly different between the groups. The levels of angiotensin-converting enzyme were significantly decreased within the FO group ($p < 0.05$). The FO group showed significantly decreased levels of tumor necrosis factor- α and increased levels of human growth hormone compared with the CON group ($p < 0.01$). The levels of insulin-like growth factor-1 increased ($p < 0.01$) in the FO group while that of creatine kinase and triglyceride decreased significantly compared with the CON group ($p < 0.05$). These results demonstrated that FO supplementation is effective in preventing sarcopenic obesity and maintaining and strengthening muscular function in elderly women. Hence, FO supplements can be used as functional ingredients for these benefits.

Keywords : Fermented oyster extract, GABA, BCAA, Muscular strength, Muscle growth factor

서론

굴은 생식 외 가열 조리하여 섭취하거나 발효 젓

* Corresponding author
Phone: +82-51-663-4951 (ext. 309) Fax: 50-663-4959
E-mail: mooworld@gmail.com

This is an open-access journal distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

갈로 섭취하는 등 한국인 1일 평균섭취량이 1.1g[1]인 한국의 주요 수산식품이다. 양식 굴에는 수분을 제외하면 단백질이 비교적 풍부하고 taurine 및 다양한 필수아미노산과 함께 칼슘 아연 등 각종 무기질 성분을 함유하고 있어 영양학적으로 우수한 수산식품이다[2].

유산균 발효에 따른 생리활성 물질로는 프로바이오틱스, 프리바이오틱스, 신바이오틱스를 넘어 최근 미생물, 세포 구성성분 및 발효대사산물의 생리기능성에 주목하는 포스트바이오틱스가 주목받고 있는데[3], 이와 관련하여 유산균 발효를 통해 안전성이 확보되고 gamma amino butyric acid (GABA) 함량을 강화한 발효 다시마 추출물 등을 장기간 보조 섭취했을 때 항산화활성[4]과, 알코올성 간 기능 개선[5], 기억력 개선[6,7] 등의 기능성이 보고되어 있다. 또한 최근 굴(oyster)의 유산균 발효를 통해 GABA와 젖산을 함유하는 발효굴추출물(fermented oyster extract, FO)이 뼈 형성 및 키 성장 효과[8-10]와 운동수행능력 개선 효과[11]가 보고되었다.

GABA는 포유류 중추신경계의 억제성 신경전달물질로 작용하는 비단백성 아미노산이며, 혈관수축 및 이뇨 작용의 noradrenaline 분비 억제를 통한 항혈압효과가 제시되었다[12]. 뿐만 아니라 스트레스 해소[13,14], 수면개선[15,16] 및 비만 예방[17] 등의 다양한 생리적 기능을 보유하는 것으로 확인되고 있다.

GABA가 성장호르몬의 분비에 직·간접적으로 작용하고[18] 이에 따른 IGF- I mRNA 및 IGF- II mRNA 증가와 근육 성장과의 상관성이 제시되었으며[19] 탄수화물과 지방대사 및 근육의 성장 효과를 통해 [19, 20], 근감소증(sarcopenia)의 개선효과를 기대할 수 있다.

70세 이상 노인들은 1년에 약 300g의 근 감소가 나타나는데 이는 근력과 신체 능력의 감소를 유발한다. 이러한 근 감소증의 개선 방안으로서 운동과 함께 vitamin D 보조 섭취의 효과가 보고된 바 있다[21].

근육의 성장, 즉 근 섬유 재생 및 비대는 전구 세포인 근 줄기세포의 활성화, 증식 및 분화에 의해 일어나는데 이러한 과정은 IFG-1의 분비에 의해 조절되는 것으로 알려졌다[22].

GABA는 성장 호르몬의 분비 및 조절에 영향을 미치는 것으로 알려져 있는데[18,23] 안정성이 확보된 식품의 형태로 장기간 섭취했을 때의 근력 및 운동수행능력에 대한 연구는 많지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 식품 형태의 GABA 함유 발효굴추출물(FO)를 8주 동안 장기간 섭취했을 때 체성분의 변화와 근력 및 혈중 근육성장 관련 인자들의 변화를 분석함으로써, GABA가 강화된 FO의 근기능 및 운동수행능력 개선의 생리활성을 구명하여 일반인들에게 안전하고 효과적인 건강기능식품 소재를 제시하고자 한다.

재료 및 방법

1. 유산균발효굴추출물(Fermented oyster extract, FO)의 제조

굴(*Crassostrea gigas*)은 통영산 냉동굴을 해동, 탈염, 습식분쇄(Han Sung pulverizing machinery Co. Ltd, Gyeonggi, South Korea)를 통해 전처리하고 alcalase 2.4L FG(Novozyme, Brenntag Korea)로 가수분해(60 ±5°C, 4h)한 후 여과(120 mesh) 및 원심분리(Disc separator, Alpalaval, Swiss)하여 가용성분만 분리한 후 rotary evaporator(BÜCHI, Essen, Germany)를 이용하여 농축(brix 14)하였다.

Lactobacillus brevis BJ20(Accession No. KCTC 11 377BP)과 *Lactobacillus plantarum* BJ21(KCTC18911 P)을 멸균(121°C, 15 min)한 seed 배지(yeast extract 3%, glucose 1%, monosodium glutamate 1%, water 95%)에 접종하여 배양(37°C, 24h)하였다. 배양된 seed 배지 10%(v/v)를 발효배지(yeast extract 2%, glucose 2%, L-glutamic acid 5%, hydrolyzed oyster extract 50%, water 41%)에 접종하고 37°C에서 48시간 발효하였다. 발효액은 여과(disc separator, Alfa Laval, CLARA 200), 농축하고 분무건조하여 FO(GABA 11.2%, 젖산 5.0%, 수분 5.5%, 단백질 31.8%, 탄수화물 56.1%)를 제조하였다.

2. 유리아미노산의 분석

유리아미노산은 FO를 증류수에 녹인 후(brix 12.0), 식품의 기준 및 규격 제 8 일반시험법[24]에 따라 분석하였다. 유산균 발효한 발효굴추출물(Fermented oyster extract, FO)의 유리아미노산 함량은 table 1과 같다.

Table 1. Free amino acid contents of fermented oyster extract

Free amino acids	Contents (mg/100g)
aspartic acid	68.748
threonine	54.149
serine	62.806
glutamic acid	12.945
glycine	58.401
alanine	39.565
cystine	79.970
valine	16.471
methionine	40.969
Isoleucine	59.871
leucine	122.650
tyrosine	49.253
phenylalanine	217.932
lysine	71.665
histidine	17.959

arginine	6,183.396
proline	36.174
hydroxy proline	0.247
a-amino-n-butyric acid	12.471
anserine	37.226
citruline	221.476
ethanol amine	3.393
hydroxylysine	0.739
ornithine	0.955
phosphoserine	16.490
taurine	87.558
β-alanine	8.352
β-amino isobutyric acid	5.766
γ-amino-n-butyric acid	1,053.724

γ-amino-n-butyric acid(GABA)가 FO 100g 당 1,053.7 mg이었고 필수아미노산인 arginine (6,183.3 mg), phenylalanine (217.9 mg)과 BCAA(branched chain amino acid)로도 알려진 leucine, isoleucine 및 valine이 각각 122.6, 59.8 및 16.4 mg을 보였으며 arginine의 체내 전구체인 citruline도 221.4 mg으로 비교적 높은 수준이었다.

3. 연구 대상

55세 이상의 건강한 중년 여성을 대상으로 하였으며, 개인별 신체적 특성과 특수성을 고려하여 비만, 고혈압, 심혈관 질환, 당뇨, 관절염 등 만성/퇴행성 질환과 그 밖에 개인 특이적 질환을 소유한 이는 대상에서 제외하였다. FO 섭취군과 대조군은 무작위 법으로 배정하였다. 이들의 집단별 신체적 특성은 table 2와 같다.

Table 2. Characteristics of subjects

Group	CON	FO
age (yr)	59.6±5.2	59.4±5.4
height (m)	1.54±0.05	1.54±0.07
BMI (kg/m ²)	22.9±2.1	23.6±3.2
weight (kg)	54.45±5.14	55.65±4.83

Values are mean±SD

4. 식이 처치 방법

집단 배정된 피험자들은 FO(시험군, n = 10)과 유당 캡슐(대조군, n = 11)을 하루 1g씩 8주 동안 섭취하였다(Table 3).

Table 3. Characteristics of the treated diets

Group	FO	CON
Daily intake	FO 1g	Sucrose 1g/day
Contents/capsule	FO 500 mg	Sucrose 500 mg
Dosage	2 capsules/day	2 capsules/day

5. 체 성분 조성 분석

체 성분 조성은 DEXA (Dual Energy X-ray Absorptiometry; Discovery QDR Hologic, Bedford, MA, USA)를 사용하여 부산시 소재 건강증진 의료센터에서 측정하였다. 측정된 이미지와 자료는 전문 분석가에 의해 세부적으로 총 체지방량 (total lean mass, TLM) 및 총 체지방량 (total fat mass, TFM)으로 구분하여 분석하였다.

6. 근력 분석

FO 섭취에 따른 근력 변화는 등속성 근관절 기능 검사 장비(BIODEX System 4, Biodex, USA)를 이용하여 무릎관절에서 60 degree/sec와 180 degree/sec의 각속도로 굴곡(Flex., Flexion)과 신전(Ext., Extention) 동작 동안 나타나는 최대근력 (PeakTQ, Peak Torque)과 상대적 최대근력 (PeakTQ/BW, Peak Torque/Body weight, 총 일량(T/Work, total work) 등을 측정 평가하였다.

7. 평형성 분석

개안/폐안(eye open/closed)조건에서 몸의 무게중심 흔들림을 분석하고 검사 결과를 Romberg test 점수

로 도출하여 시험 식품인 FO의 섭취에 따른 피험자들의 평형능력의 변화와 개선효과를 검증하였다.

8. 근 성장 관련 혈액인자 분석

FO 섭취 후 8 주 전후에 공복 정맥혈 시료를 채취하였다. 채취 한 혈액 시료는 30분간 응고한 후 원심분리(1,000 × g, 15 분)하여 혈청을 분리하였으며 -80°C에 보관하면서 면역 분석법으로 분석하였다.

9. 통계 처리

본 연구의 자료에 대한 통계처리는 통계패키지 (SPSS ver. 20.0)를 이용하여 각 집단별 측정 항목의 평균(M)과 표준편차(M±SD)를 산출하였고, 종속 변인의 변화를 밝히기 위하여 집단 간 효과 검정은 공변량분석(ANCOVA) 검정을 실시하였으며, 각 통계치의 유의수준은 p<0.05로 하였다.

결과 및 고찰

1. 체성분과 혈중 지질

시험식품인 FO를 8주간 섭취 후 체 성분을 분석한 결과는 table 4와 같다.

Table 4. Changes in body composition

Variable	Group	Pre	Post	t	F
Total Lean mass (kg)	FO	34.57±3.00	34.99±2.81	-1.143	2.445
	CON	34.44±2.91	34.11±2.87	1.016	
Total Fat (kg)	FO	34.55±3.16	33.26±2.89	2.560*	5.826*
	CON	34.26±2.75	34.31±2.39	-.153	

Comparison between pre and post test in the group, time and group between time. (*p<.05)

이중 Total fat(kg)에서 FO 섭취군은 섭취 전과 후에서 통계적으로 유의하게 감소함을 보였고, 집단 간 차이검정에서도 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 한편 혈중 Triglyceride (TG)의 농도에서도 집단 간 차이검정에서 FO 섭취군이 대조군 대비 유의적인 감소를 보였다($p < 0.05$). 이와 유사하게 Kanako et al. [17]은 5주령의 마우스를 대상으로 GABA 함유(5%) 사료를 6주간 급여했을 때 칼로리 제한 작용을 통한 체중 조절 및 체지방 감소 효과와 glucose 대사 촉진 효과가 있음을 보고하였고, Choi et al. [25]은 인체적용시험을 통해 GABA를 함유하는 유산균발효다시마추출물을 8주간 섭취했을 때 체지방 감소 및 중성지방(triglyceride)의 감소 효과를 보고하였다. 따라서 8주 이상 FO의 섭취가 체지방량 감소에 효과가 있으며, TG의 감소를 통해 일반적인 노인의 근감소 비만(sarcopenic obesity) 현상의 예방과 대사기능의 향상 및 유지에도 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상된다.

2. 근력

시험식품인 FO를 8주간 섭취 후 근력을 측정한 결과는 table 5와 같다.

Table 5. Change in muscular strengths on electromyogram(Biodex, EMG)

Variable	Group	Pre	Post	<i>t</i>	<i>F</i>
60 deg/sec Ext.T/Work	FO	381.22±96.62	420.36±61.75	-2.016	5.098*
	CON	351.50±69.54	349.14±69.52	.317	
60 deg/sec Flex.T/Work	FO	166.37±72.19	205.86±55.05	-3.389**	6.003*
	CON	154.01±59.43	163.26±53.56	-1.241	
60 deg/sec Ext.PeakTQ/BW(%)	FO	154.89±31.39	157.29±22.44	-.488	.777
	CON	150.96±17.56	149.77±19.22	.402	
60deg/sec Flex.PeakTQ/BW(%)	FO	63.28±20.62	72.41±11.88	-2.029	6.087*
	CON	61.12±11.41	62.05±13.00	-.338	

Comparison between pre and post test in the group, time and group between time. (* $p < .05$, ** $p < .01$.)

60deg/sec Ext.T/Work은 섭취 전, 후 집단 간 차이 검정에서 FO 섭취 후 유의적인 증가를 보였다($p < 0.05$). 60deg/sec Flex.T/Work에서도 섭취 전, 후 집단 간 차이 검정에서 FO 섭취군에서 유의적으로 높은 수준을 보였다($p < 0.05$). 또한, 피험자의 체중을 보정한 근력인 60deg/sec Flex.PeakTQ/BW에서도 FO 섭취 후 통계적으로 유의적인 증가를 보였다($p < 0.05$). GA

BA를 함유하는 유산균발효다시마추출물을 중년 여성 피험자들에게 8주간 섭취토록 하였을 때 성장 호르몬과 성장인자(IGF-1)의 유의적 증가와 함께 근육량이 함께 증가함을 보였다[25]. 또한 유산균발효다시마추출물의 섭취가 30-40대 성인 남성의 근육 활성도의 향상과 혈중 근육성장에 필요한 일부 성장인자로서 비타민 D 및 IGF-1이 유의하게 증가가함

을 보였다[26]. 이로써 GABA함유 유산균발효추출물로서 FO의 섭취가 피험자의 근력에 긍정적인 영향을 미쳤다고 판단되며, 노인들의 근감소 비만 예방 및 근력 유지에도 긍정적인 영향을 기대할 수 있을 것으로 판단된다.

3. 평형성(posture stability)

폐안 평형성 점수(Eyes closed stability score)는 시험식품 FO를 8주간 섭취 후 섭취군 내 및 대조군과 섭취군 간에서 다소 감소한 경향이었으나 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다(table 6).

Table 6. Posture stability

Variable	Group	Pre	Post	t	F
Closed eyes	FO	90.12±3.64	88.62±3.54	1.557	.239
	CON	90.54±3.95	88.18±3.42	2.091	
Open eyes	FO	92.10±2.46	92.00±3.59	.085	.159
	CON	90.36±2.61	91.00±2.09	-1.000	

Comparison between pre and post test in the group, time and group between time.

개안 평형성 점수(Eyes open stability score)도 FO 섭취 후 섭취군 내, 집단 간에서 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 이로써 FO의 섭취는 피험자의 평형성에서는 유의한 영향이 있다고 보기는 어렵다고 판단된다.

4. 혈중 근성장 인자 및 근손상 지표

FO를 8주간 섭취 후 피험자의 근 성장 관련 혈액인자의 변화는 table 7과 같다.

Table 7. Changes of hematologic characteristics

Variable	Group	Pre	Post	t	F
ACE(U/L)	FO	40.13±16.34	35.27± 12.80	2.413*	.135
	CON	52.34±19.30	43.61±19.45	2.322	
BDNF(ng/mL)	FO	20.82±3.00	21.78±2.85	-.815	2.588
	CON	20.26±7.16	20.19±2.93	2.373	
IL-6(pg/mL)	FO	1.45±.92	1.49±1.07	-.355	.112
	CON	1.16±.60	1.16±.59	.005	
TNF-a(pg/mL)	FO	1.05±.19	.89±.14	2.241	8.593**
	CON	1.16±.26	1.15±.14	.119	
HGH(ng/mL)	FO	.75±.54	1.19±1.13	-.932	9.213**
	CON	.58±.37	.38±.33	.918	
IGF(ng/mL)	FO	112.14±31.62	141.88±36.73	-3.700**	1.468
	CON	114.72±19.13	130.42±31.20	-2.364	
AST(u/L)	FO	18.66±2.50	21.11±4.19	-1.976	.086
	CON	22.63±3.50	23.63±2.37	-1.158	
ALT(u/L)	FO	12.22±4.84	10.55±1.50	1.250	1.441
	CON	16.27±8.84	13.00±3.89	1.514	
CK(u/L)	FO	117.10±74.63	87.00±48.71	3.026*	8.066*
	CON	95.54±27.90	98.81±32.00	-.451	
Glucose(mg/dL)	FO	88.00±5.19	87.55±5.91	.247	3.641
	CON	88.72±32.00	92.63±5.97	-1.467	
TG(mg/dL)	FO	94.55±25.79	83.77±23.98	1.121	4.614*
	CON	115.00±22.41	117.00±23.86	-.254	

LDL(mg/dL)	FO	118.30±37.10	120.80±28.39	-.440	.419
	CON	110.09±24.95	119.27±17.67	-2.018	
HDL(mg/dL)	FO	48.44±8.74	48.22±7.90	.085	.950
	CON	53.44±7.74	53.88±9.42	-.144	

Comparison between pre and post test in the group, time and group between time. (*p<.05, **p<.01, ***p<.001.) ACE, aniotensin converting enzyme; BDNF, Brain-derived neurotrophic factor; IL-6, Interleukin 6; TNF-*a*, Tumor necrosis factor; HGH, Human Growth Hormone; IGF, Insulin like growth factor; ALT, Alanine aminotranferease; AST, aspartate aminotransferase; CK, Creatine kinase; TG, Triglyceride; LDL, Low density lipoprotein; HDL, High density lipoprotein

Angiotensin converting enzyme (ACE)는 8주간의 F O 섭취 시 섭취 전, 후 유의적인 감소를 보였다(p<.05). 또한 tumor necrosis factor(TNF)-*a*는 집단 간 차이검정에서 FO 섭취 후 대조군 대비 유의적인 감소를 나타내었다(p<.01). Jang et al. [27]은 다시마와 콩을 *A. oryzae*와 *L. brevis*로 순차 발효하여 GABA와 ACE저해 peptide를 함유하는 발효 소재를 제조한 바 있다. 즉, 꿀을 alcalase로 가수분해하고 이를 유산균 (*L. brevis* BJ20) 발효한 FO도 alcalase분해에 따른 생리활성 펩타이드[28]와 유산균발효에 따른 GABA 및 필수 유리아미노산 등을 함유하여 ACE저해 및 항혈압 효과[12]를 기대할 수 있을 것으로 판단되며 또한 이는 FO의 섭취가 피험자의 혈압 및 염증반응에 영향을 미치는 인자에 긍정적인 영향이 있는 것으로 판단된다.

본 연구에 사용된 FO의 유리아미노산 함량(table 2) 중 GABA는 FO 100g 당 1,053.7 mg으로 비교적 높은 수준이었다. 이번 실험의 결과에 따르면 근육 합성 호르몬 지표인 human growth hormone (HGH)는 집단 간 차이 검정에서 FO 섭취군이 대조군 대비 유의적인 증가를 보였다(p<.01). 또한, IGF는 FO 섭취군 내에서 섭취 전, 후 유의적인 증가를 보였다(p<.01). 이는 FO의 섭취가 근육성장에 영향을 미치는 HGH 및 IGF-1에 유의한 영향이 있다고 판단할

수 있다. 한편 뉴런의 성장, 분화 및 생존을 담당하는 단백질 중의 하나로서 근육관련 성장인자[25]로 알려진 Brain-derived neurotrophic factor (BDNF)는 유의적 차이는 없었으나 FO 섭취 후, 대조군 대비 증가 경향을 보였다. GABA가 BDNF를 통해 성장호르몬의 분비에 직·간접적으로 작용하고[18] 이에 따른 IGF- I mRNA 및 IGF- II mRNA의 증가 등 근육 성장과 관련되어 있음[19,29,24]에 따라 GABA함유 FO의 섭취가 고령자들의 근감소 예방과 근력 유지 및 근육 성장에 긍정적인 영향이 있을 것으로 판단된다.

또한, FO에 함유된 BCAA 즉, leucine, isoleucine 및 valine 농도는 각각 122.6, 59.8 및 16.4 mg으로 나타났고, 사전 연구에서도 BCAA의 섭취는 운동 중 골격근에서의 에너지 대사에 기여하고 근 손상 감소 및 근단백질 합성 증진 효과가 보고되었다[30-32]. 이를 통해 GABA와 BCAA 함유 FO가 근육의 성장과 근력 및 운동능력 개선용 기능성 식품으로 활용 가능성을 기대할 수 있다.

근육 손상 및 피로의 지표인 creatine kinase(CK)는 [32] 8주간의 FO 섭취 후 FO 섭취군 내에서 섭취 전, 후 유의적인 감소를 보였고, 집단 간 차이검정에서도 FO 섭취군이 대조군 대비 유의적인 감소를 보였다(p<.05). 한편, 간 손상의 지표인 Aspartate aminotransferase (AST) 및 Alanine aminotranferease (ALT)

와 혈중 콜레스테롤의 지표인 Low density lipoprotein (LDL) 및 High density lipoprotein (HDL)은 모두 유의적인 차이가 없어 FO의 섭취에 따른 이상 반응은 확인되지 않았다.

한편, FO에는 유산균 발효에 의한 젖산(lactate)을 함유(5.0%)하는데 선행 연구[11]를 통해 FO가 함유하는 젖산이 마우스 근원세포(C2C12 cell)에서 미토콘드리아 대사 및 발생(biogenesis)의 개선 가능성을 보였고 FO를 4주간 급여한 마우스에서 지구력 운동 적응 강화 효과에 중요한 성분으로 제시되었다.

결 론

이상의 결과를 종합해 볼 때 굴(*C. gigas*)을 유산균 발효한 FO의 섭취가 중년 여성의 근감소비만 예방과 근 기능 유지 및 강화에 통계적으로 유의적인 결과를 보인 것으로 판단할 수 있으며, 이를 통해 GABA와 BCAA가 강화되고 젖산을 함유하는 FO가 근감소비만 예방과 근 기능 및 운동수행능력 개선의 생리활성 효과를 확립함으로써 고령친화형 기능성식품 소재로의 활용 가능성을 제시하였다. 추후에는 남성을 포함한 다양한 성별과 연령별 근감소비만 예방 및 근기능 강화 효과를 구명하고, 이에 상응한 구체적인 운동수행능력 항목을 적용한 연구가 필요하다

감사의 글

이 논문은 2019년 해양수산부 재원으로 해양수산과학기술진흥원의 지원을 받아 수행된 연구임(발효굴추출물을 이용한 운동능력 개선 개별인정형 기능성식품 개발, 20190014)

References

1. Korea Health Industry Development Institute. 2019. National nutrition statistics, daily food intake amount, <https://www.khidi.or.kr/kps/dhraStat/result2?menuId=MENU01653 & year=2019> on September 15, 2021.
2. Choi JD, Hwang SM, Kang JY, Kim SH Kim, Kim JG and Oh KS. 2012. Food Components Characteristic of Oysters Produced in Korea. *J. Agri. & Life Sci.*, 46, 105-115.
3. Wegh CAM, Geerlings SY, Knol J, Roeselers G and Belzer C. 2019. Postbiotics and Their Potential Applications in Early Life Nutrition and Beyond. *Int J Mol Sci* 20, 4673.
4. Lee, B. J., Kim, J. S., Kang, Y. M., Lim, J. H., Kim, Y. M., Lee, M. S., Jeong, M. H., Ahn, C. B., Je, J. Y. 2010. Antioxidant activity and γ -aminobutyric acid (GABA) content in sea tangle fermented by *Lactobacillus brevis* BJ20 isolated from traditional fermented foods. *Food Chem.* 122, 271-276.
5. Lee, B. J., Senevirathne, M., Kim, J. S., Kim, Y. M., Lee, M. S., Jeong, M. H., Kang, Y. M., Kim, J. I., Nam, B. H., Ahn, C. B., Je, J. Y. 2010. Protective effect of fermented sea tangle against ethanol and carbon tetrachloride-induced hepatic damage in Sprague-Dawley rats. *Food Chem Toxicol.* 48, 1123-8.
6. Reid, S. N., Ryu, J. K., Kim, Y. and Jeon, B. H. 2018. The effects of fermented *Laminaria japonica* on short-term working memory and physical fitness in the elderly. *Evid-Based Compl. Alt.* 12, 8109621.
7. Park, H. J., Shim, H. S., Lee, G. R., Yoon, K. H., Kim, J. H., Lee, J. M., ... and Shim, I. 2019. A randomized, double-blind, placebo-controlled study on the memory-enhancing effect of lactobacillus fermented *Saccharina japonica* extract. *Eur. J. Integr. Med.* 28, 39-46.
8. Molagoda, I. M. N., Karunarathne, W. A. H. M., Choi,

- Y. H., Park, E. K., Jeon, Y. J., Lee, B. J., ... and Kim, G. Y. 2019. Fermented oyster extract promotes osteoblast differentiation by activating the Wnt/ β -catenin signaling pathway, leading to bone formation. *Biomolecules*. 9, 711.
9. Lee, H., Hwang-Bo, H., Ji, S. Y., Kim, M. Y., Kim, S. Y., Woo, M., ... and Choi, Y. H. 2020. Effect of fermented oyster extract on growth promotion in Sprague-Dawley rats. *Integr. Med. Res.* 9, 100412.
10. Jeong, A., Park, B. C., Kim, H. Y., Choi, J. Y., Cheon, J., Park, J. H. ... and Kim, K. 2021. Efficacy and safety of fermented oyster extract for height of children with short stature: a randomized placebo-controlled trial. *Integr. Med. Res.* 10, 100691.
11. Reid, S. N., Park, J. H., Kim, Y., Kwak, Y. S., and Jeon, B. H. 2020. In Vitro and In Vivo Effects of Fermented Oyster-Derived Lactate on Exercise Endurance Indicators in Mice. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 8811.
12. Inoue, K., Shirai, T., Ochiai, H., Kasao, M., Hayakawa, K., Kimura, M., Sansawa, H. 2003. Blood-pressure-lowering effect of a novel fermented milk containing gamma-aminobutyric acid (GABA) in mild hypertensives. *Eur. J. Clin. Nutr.* 57, 490-5.
13. Allan, V. and Kalueff, P. T. 2005. Mouse grooming microstructure is a reliable anxiety marker bidirectionally sensitive to GABAergic drugs, *Eur. J. Pharmacol.* 508, 147-153.
14. Abdou, A. M., Higashiguchi, S., Horie, K., Kim, M., Hatta, H. and Yokogoshi, H. 2006. Relaxation and immunity enhancement effects of γ -Aminobutyric acid (GABA) administration in humans. *BioFactors* 26, 201-208.
15. Kim, S. S., Oh, S. H., Jeong, M. H., Cho, S. C., Kook, M. C., Lee, S. H., Pyun, Y. R., and Lee, H. Y. 2010. Sleep-inductive effect of GABA on the fermentation of mono sodium glutamate (MSG). *Korean J. Food Sci. Technol.* 42, 142-146.
16. Kim, S., Jo, K., Hong, K. B., Han, S. H. and Suh, H. J. 2019. GABA and l-theanine mixture decreases sleep latency and improves NREM sleep. *Pharm. Biol.* 57, 64-72.
17. Kanako, S., Takumi, K., Takeshi, A., Chanakarn, J., Noriyuki, Y. and Thanutchaporn, K. 2021. Dietary GABA and its combination with vigabatrin mimic calorie restriction and induce antiobesity-like effects in lean mice. *J. Funct. Foods* 78, 104367.
18. Cavagnini, F., Invitti, C., Pinto, M., Maraschini, C., Di Landro, A., Dubini, A. and Marelli, A. 1980. Effect of acute and repeated administration of gamma aminobutyric acid (GABA) on growth hormone and prolactin secretion in man. *Acta Endocrinol. (Copenh).* 93, 149-54.
19. Turner, J. D., Rotwein, P. and Novakofski, J. and Bechtel, P. J. 1988. Induction of mRNA for IGF-I and -II during growth hormone-stimulated muscle hypertrophy, *Am. J. Physiol.* 255(4 Pt 1), E513-7.
20. De Palo, E. F., Gatti, R., Antonelli, G. and Spinella, P. 2006. Growth hormone isoforms, segments/fragments: does a link exist with multifunctionality? *Clin. Chim. Acta* 364, 77-81.
21. Bunout, D., Barrera, G., Leiva, L., Gattas, V., de la Maza, M. P., Avendaño, M. and Hirsch, S. 2006. Effects of vitamin D supplementation and exercise training on physical performance in Chilean vitamin D deficient elderly subjects. *Exp. Gerontol.* 41, 746-52.
22. Philippou, A., Maridaki, M. and Halapas, A. 2007. Koutsilieris M. The role of the insulin-like growth factor 1 (IGF-1) in skeletal muscle physiology. *In Vivo.* 21, 45-54.
23. Powers, M. 2012. GABA supplementation and growth hormone response. *Med. Sport Sci.* 59, 36-46.
24. Ministry of Food and Drug Safety. 2019. Food standard

- and specification, chapter 8 general analysis methods.
25. Choi, W., Reid, S. N., Ryu, J., Kim, Y., Jo, Y. H. and Jeon, B. H. 2016. Effects of γ -aminobutyric acid-enriched fermented sea tangle (*Laminaria japonica*) on brain derived neurotrophic factor-related muscle growth and lipolysis in middle aged women. *ALGAE* 31, 175–187.
26. Jeon, B. 2017. Effects of GABA enriched fermented sea tangle supplementation on body composition, muscular activity, muscle growth factors, and inspiration functions in adult males. *Asian J. Kinesiol.* 19, 1-9.
27. Jang, E. K., Kim, N. Y., Ahn, H. J, and Ji, G. E. 2015. γ -Aminobutyric Acid (GABA) Production and Angiotensin-I Converting Enzyme (ACE) Inhibitory Activity of Fermented Soybean Containing Sea Tangle by the Co-Culture of *Lactobacillus brevis* with *Aspergillus oryzae*. *J. Microbiol. Biotechnol.* 25, 1315–1320.
28. Tacias-Pascacio, V. G., Morellon-Sterling, R., Siar, E. H., Tavano, O., Berenguer-Murcia, Á. and Fernandez-Lafuente, R. 2020. Use of Alcalase in the production of bioactive peptides: A review. *Int. J. Biol. Macromol.* 165(Pt B), 2143-2196.
29. Schiaffino, S. and Mammucari, C. 2011. Regulation of skeletal muscle growth by the IGF1-Akt/PKB pathway: insights from genetic models. *Skelet. Muscle* 1, 4.
30. Yoshiharu, S., Taro, M., Naoya, N., Masaru, N., Robert, A. H. 2004. Exercise Promotes BCAA Catabolism: Effects of BCAA Supplementation on Skeletal Muscle during Exercise. *J. Nutr.* 134, 1583S–1587S.
31. Shimomura, Y., Murakami, T., Nakai, N., Nagasaki, M. and Harris, R. A. 2004. Exercise promotes BCAA catabolism: effects of BCAA supplementation on skeletal muscle during exercise. *J. Nutr.* 134(6 Suppl), 1583S-1587S.
32. Blomstrand E, Eliasson J, Karlsson HK and Köhnke R. 2006. Branched-chain amino acids activate key enzymes in protein synthesis after physical exercise. *J Nutr* 136(1 Suppl), 269S-73S.
33. Nogueira, A. A., Strunz, C. M., Takada, J. Y. and Mansur, A. P. 2019. Biochemical markers of muscle damage and high serum concentration of creatine kinase in patients on statin therapy. *Biomark Med.* 13, 619-626.