

인삼을 함유한 약선레시피가 운동수행능력 및 항피로에 미치는 영향

김미림^{1#}, 박순애¹, 김민주³, 신미래³, 노성수³, 박해진^{2*}

1 : 대구한의대학교 푸드케어약선학과, 2 : 대구한의대학교 한의학과 본초학교실, 3 : DHU바이오융복합시험센터

The Effect of Yaksun Recipe with Korean Ginseng on Exercise Practice Ability and Fatigue Variable Factor.

Mi-Lim Kim^{1#}, Soon-Ae Park¹, Min Ju Kim², Mi-Rae Shin², Seong-Soo Roh²
Hae-Jin Park^{3*}

1 : Department of Foodcare YAKSUN, College of Korean Medicine Daegu Haany University.

2 : Department of Herbology, College of Korean Medicine, Daegu Haany University, 3Bio Convergence Testing Center, Daegu Haany University.

ABSTRACT

Objective : This study examined the effects of yaksun recipe on the anti-fatigue and endurance enhancement properties in the forced swimming test (FST).

Methods : The treatment groups were divided randomly into three groups: water-treated FST (control), 200 mg/kg of red ginseng-treated FST (RG200), 200 mg/kg of water extract of yaksun recipe-treated FST (YS200). After FST, an autopsy was performed, and the tissue and serum were collected.

Results : The swimming exhaustion time in the RG200 and YG200 groups were significantly increased compared to the control group. The YG200 group fatigue indicators, D-Lactate, LDH(lactate dehydrogenase), creatine kinase, and ammonia content, significantly decreased compared to the control group. In addition, liver glycogen content significantly increased in the YG200 and tended to increase in RG200. Likewise, the glucose contents were significantly increased compared to the control group. The muscle damage indicators GPT (glutamic pyruvic transaminase) and BUN (blood urea nitrogen), a protein metabolite, in the YG200 group significantly decreased compared to the control group. Furthermore the concentration of liver lipid peroxidation, MDA(malondialdehyde) levels significantly decreased in the RG200 and YG200 compared to control group.

Conclusions : These results suggest that YG200 can increase the endurance exercise capacity by decreasing the fatigue indicators, saving glycogen, and elevating the antioxidant defense system.

Key words : Ginseng, Coix lacryma-jobi var., Yaksun, endurance, anti-fatigue

#Corresponding author: Hae-Jin Park, DHU Bio Convergence Testing Center, Daegu Haany University, 1, Haanydaero, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-Do 38610, Republic of Korea

· Tel : +82-53-819-7871

· Fax : +82-53-819-1496

· E-mail : hjpark@dhu.ac.kr

#First author : Mi-Lim Kim, Department of Foodcare YAKSUN, College of Korean Medicine Daegu Haany University, 1, Haanydaero, Gyeongsan-si, Gyeongsangbuk-Do 38610, Republic of Korea.

· Tel : +82-53-819-1561

· Fax : 053-819-1494

· E-mail : mlk8742@dhu.ac.kr

· Received : 15 April 2024

· Revised : 24 April 2024

· Accepted : 25 May 2024

I. 서론

건강을 위해서 식이를 조절하는 것은 한의학 원전이라 할 수 있는 『황제내경(黃帝內經)』이나 『신농본초경(神農本草經)』에서도 기록될 만큼 오랜 역사를 지니고 있다. 중국 황실에서는 식의(食醫)를 두어 황제의 질병예방을 위한 보건영양을 관리하는 등 질병의 치료와 건강을 위하여 식치(食治)와 약선(藥膳)을 활용하였다^{1),2)}.

약선(藥膳)은 기본적으로 한의학의 기미론(氣味論)과 음양오행론(陰陽五行論)을 바탕으로 하며, 약과 식품의 근원은 같다는 약식동원(藥食同原) 또는 의식동원(醫食同原)의 원칙에 입각하여 식품의 영양학적 기능과 한의학에서의 본초학적 해석을 조화시킴으로써 질병을 예방하고 건강을 증진하고자 하는 것을 목적으로 한다. 그러나 약선의 의미는 기존의 식품과는 차별화되어 한약재를 활용한 질병의 예방과 치료가 가능한 치료식으로서의 의미가 높다^{3),4)}. 이러한 약선처방을 위한 약선 설계는 천연재료를 사용한 약선이 건강 증진 및 유지, 질병 치료의 보조요법으로 활용하기 위하여 식치방을 원방으로 하고, 주재료, 부재료, 보조재료 및 조화 인경재료 등으로 배합하여 약선의 레시피를 정하고 그 효능을 이안평가법으로 평가하여 최종 약선 레시피를 결정하는 과정으로 약선 설계에 필수적으로 활용되는 이안평가는 중국금대(金代)의 의가(醫家)인 이동원(李東垣)이 1266년에 저술한 동원시효방(東垣試效方)에 기록된 용약법상(用藥法象)의 본초평가법(本草平價法)을 수치화하여 표시한 것으로, 약선 처방의 효능에 대한 현대적 이해와 논리적 객관화를 위해 고안한 것이다⁵⁾.

최근 식품에 새로운 의미와 기능을 중요시하게 되면서 몸에 이로운 식품과 몸을 보양해주는 약선이 외식에서 주목을 받고 있다⁶⁾. 이렇게 외식산업에서 약선에 관심이 높아지면서 약선에 대한 학문적 연구도 증가하고 있으나, 약선효능에 대한 유효성평가나 객관화된 과학적 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 약선소재로 활용할 수 있는 생약들을 활용하여 허로(虛勞)를 다스리는 보법(補法)으로 보기약인 인삼, 백출, 감초와 보혈약인 하수오, 보양약인 녹각과 산수유를 배합하고 건비화습(健脾化濕)의 효능을 가진 복령과 울무, 서근활락(舒筋活絡)의 효능을 가진 꾸지뽕열매⁷⁾를 함께 구성함으로써 허증(虛症)을 치료하여 만성피로와 저하되는 전신지구력 향상에 도움을 주는 약선을 설계하고 그 효과를 검증하여 약선 설계의 과학적 근거를 제시하고자 하였다.

주재료인 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 한의학적으로 주로 기허(氣虛)에 사용하는 가장 중요한 보기약(補氣藥)으로 알려져 있으며, 중국을 비롯한 우리 나라의 많은 한방의서에 수록되어 체력증강, 피로회복, 소화기계, 신경계, 대사계, 순환기계 등의 기능조절을 위해 단독 또는 처방의 구성 생약으로 활용되어왔다. 인삼의 화학적 성분은 심혈관계, 중추신경계, 내분비계통, 신진대사, 면역체계 등 광범위하게 그 효능을 다루고 있으며, 특히 인삼은 신체의 피로를 향상하여 운동 시간을 증가시킨다고 보고하고 있는데, 이는 인삼의 catecholamine의 자극을 통한 중추 신경계의 활성화로 인하여 지구력을 향상시켰다고 하였다⁸⁾. 또한 TAKAMURA 등⁹⁾의 연구에서는 마우스를 이용하여 6주간 운동실험에서 0.2% 인삼을 급여군에서 mTORC1 시그널링 조절을 통하여 단백질

합성을 유의하게 증가하는 것으로 나타나 인삼 첨가식은 유산소 운동을 시간을 증가시켜 줄 뿐만 아니라 근육의 감소를 예방하여 줄 것이라 제시하였다. 또다른 보기약인 백출(*Atractylodes japonica*)은 국화과(Compositae)에 속하는 다년생 식물로 중국 및 한국을 포함한 동아시아에 널리 분포되어 있으며, 약리작용으로는 위장관 손상 억제, 항염증, 항산화, 면역조절과, 간 보호 및 항관절염 효과 등이 알려져 한의학 및 민간요법으로 비위와 관련 질환 및 혈압강하, 항염증 억제 및 이노제등으로 사용되어 왔다^{10),11)}.

하수오는 마디풀과에 속하는 하수오 건조 덩이뿌리로, 심혈관 질환 개선, 면역 기능증대, 항염증, 항암, 항노화, 혈당강하 및 발모등의 효능이 보고되어 있으며, 강장이나 보음, 보혈작용이 있어 중국 및 여러나라에서 전통적으로 사용되어온 약재이다¹²⁾. 최근 Lee 등의 단일약재 추출물의 근력향상 평가에서 하수오 열수추출물의 급여가 혈중 젖산수치를 유의적으로 감소시켰음을 보고하였다¹³⁾. 보양약인 산수유(*Cornus officinalis* Sieb. et Zucc.)는 층층나무과에 속하는 낙엽활목인 산수유나무의 붉은 열매로 씨를 뽑아내고 햇볕에 말린 것으로, 성질이 따뜻하고 신맛이 난다. 자양, 강장, 이조, 음위 등에 효과가 있어, 혈압강하 작용, 항암, 항균 등의 약리효능이 알려져 있다.¹⁴⁾ 최근 Lee 등의 연구¹⁵⁾에서는 산수유 열수 추출물의 강제수영시험에서 항피로인자를 조절하여 수영시간을 증가시켰음을 보고한 바 있다.

건화비습의 효능을 가진 울무는 화본과에 속하는 일년생 재배식물로 열량 및 수분 함량은 곡류와 비슷하지만 단백질 함량이 일반 곡류보다 두 배 이상 높고, 염증완화 및 혈당강하작용 등의 생리활성이 있으며¹⁶⁾, Park의 연구¹⁷⁾에서 흰쥐를 이용한 강제수영 운동 시, 30% 울무섭취군에서 운동능력 향상 및 과산화지질 감소를 보고하였다.

꾸지뽕 열매의 경우 빈혈, 해혈, 근육이완 등의 효능이 있어 관련 약재로 사용되었다⁷⁾. 동의보감에서는 신장 및 간 보호, 자양, 강장등의 효능이 우수하다고 하였으며¹⁸⁾, 그 외 항산화, 항당뇨, 항염, 항암 등 약리작용에 대한 연구가 다양하게 이루어져 있다¹⁹⁾.

따라서 위 소재들을 배합하여 약선설계된 레시피를 강제수영실험을 통하여 조직 및 혈중 피로 관련 요소들의 변화를 확인함으로써 항피로 및 지구력 증진효과를 검증하였다.

II. 재료 및 방법

1. 약선레시피 제조

약선레시피는 인삼을 함유한 한약재 복합물로 본 실험에 사용된 인삼, 백출, 하수오, 감초, 복령, 녹각, 산수유는 옹기한약국 (Daegu, Korea)에서, 꾸지뽕 열매는 두손에약초 (Yeongcheon, Gyeongbuk)에서 구입하여 사용하였다. 백출, 복령, 감초 및 녹각등은 제한적 식품원료로써 활용 가능한 부위를 취하여 추출에 사용하였으며, 총량은 추출 전 원료 중량 기준으로 각각 10%, 10%, 5% 및 5%로 50%를 초과하지 않

았고, 배합비는 Table 1과 같다.

제조방법은 Table1 비율로 조제한 약선레시피 혼합물 총 200 g에 증류수 2,000 mL를 가하여 100 °C에서 2시간 추출하였다. 얻어진 추출물은 회전감압 추출장치(N-1100, EYELA,

Tokyo, Japan)로 농축 후 동결건조기(FD5508, IIShin, Seoul, Korea)로 완전히 건조시켜 파우더를 얻었으며, 실험 직전에 증류수에 희석하여 사용하였다.

Table 1. Formula for Yaksun recipe.

| sample | Ingredients(%) | | | | | | | | |
|--------|----------------------|-------------------------------------|------------------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| | <i>Panax ginseng</i> | <i>Atractylodes macrocephala K.</i> | <i>Polygonum multiflorum</i> | <i>Poria cocos Wolf</i> | <i>Coix lacryma-jobi L.</i> | <i>Glycyrrhiz a uralensis</i> | <i>Cervi Cornu</i> | <i>Cornus officinalis S. et Z.</i> | <i>Cudrania tricuspidata fruit</i> |
| | 40 | 10 | 10 | 10 | 10 | 5 | 5 | 5 | 5 |

2. 동물사육 실사

6주령 웅성 ICR mouse(Daehanbio Link., Eumseong, Korea)를 구매하여, 물과 고형사료 (NIH-41, Zeigler Bros, Inc., Gardners, PA, USA)를 충분히 공급하며 1주간 실험실 환경에 적응시킨 후 실험에 사용하였다. 실험은 대구한의대학교 동물실험 윤리위원회의 승인(DHU 2022-092)을 얻어 시행하였으며 동물관리 규정을 준수하였다. 동물 사육실의 조건은 conventional system으로 온도 22±2°C, 습도 50 ± 5%, 명암주기는 12시간 주기로 조절하였다.

실험군은 증류수를 투여한 대조군 (Control), 홍삼추출물 200 mg/kg를 투여한 양성대조군 (RG200), 약선레시피 200 mg/kg를 투여한 실험군 (YS200)으로 각 군당 10마리 씩 총 3군으로 분류하여 실험을 진행하였으며, 실험군은 약물 투여 시작 전 일주일간 매일 15분씩 수영훈련을 시켰다. 시료는 증류수에 녹여 일정한 시간에 7일간 1일 1회 씩 존대 (zonde)를 이용하여 경구 투여하였다.

3. 강제수영부하실험

강제수영부하실험은 운동으로 인한 피로 및 지구력을 평가하는 대표적인 방법으로, 투명 아크릴 수조(가로 120 cm, 세로 70 cm, 높이 50 cm)에 증류수(20~22°C)를 25 cm 높이까지 채워 마우스 꼬리가 바닥에 닿지 않게 하였다. 투여 시작 전(0 day)과 투여 마지막 날(7 days)에 마우스 체중의 8% 무게의 납을 꼬리에 달아 수영을 실시하여 수영시간을 측정했으며, 마우스의 코가 수면 아래로 잠길 정도의 수영 상태가 5초간 진행되어 가라앉을 때를 탈진 (exhaustion)으로 판정하여 그 시간을 최대 수영시간으로 보고 강제수영부하실험을 종료하였다.

4. 채혈 및 조직 적출

약선레시피 투여 7일째 동물을 희생시켰다. 심장에서 채혈한 혈액을 4°C, 4,000 rpm으로 10분 동안 원심 분리하여 혈청을 분리하였으며, 혈액 채취 후 간 및 근육(gastrocemijs, soleus muscle) 조직을 적출하여 생리식염수에 행구고 각각의 무게 측정 뒤 분석 전까지 -80°C 에 보관하였다.

5. 조직 및 혈청분석

마우스 혈청의 glutamic oxaloacetic trans-aminase (GOT), glutamic pyruvic transaminase(GPT), blood urea nitrogen(BUN), ammonia, lactate dehydro-genase (LDH), D-lactate, triglyceride(TG), free fatty acid (FFA), glucose level을 측정하였다. GOT, GPT, ammonia, TG, glucose (Asan, Seoul, Korea)와 FFA, D-lactate (Bio Vision, Inc.) 및 LDH (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA)는 모두 시약 세트를 구입하여 측정하였으며, 근육의 경우 100mM KPB buffer에 희석하여 균질화 한 후 10000×g, 4°C, 15분간 원심 분리하여 상층액 사용하여 측정하였다. GOT 분석은 기질액과 혈청을 혼합하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 정색시액을 첨가하여 실온에서 20분 반응시킨 후 0.4 N 수산화나트륨을 첨가 후 실온에서 10분간 반응시키고 505 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 산출하였다. GPT 분석은 기질액을 37°C에서 5분간 방치한 후 혈청을 첨가하여 37°C에서 30분간 반응시킨 후 정색시액을 첨가하여 실온에서 20분간 반응시킨 후 4 N 수산화나트륨을 첨가하여 실온에서 10분간 반응시키고 505 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 산출하였다. BUN 분석은 혈청과 증류수, 효소시액을 혼합하여 37°C에서 5분간 반응시킨 후 정색시액을 첨가하여 실온에서 10분간 반응시킨 후, 580 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 산출하였다. Ammonia 분석은 혈청과 제단백시액을 혼합하여 2,500 rpm 에서 5분간 원심분리한 후 상층액과 발색시액A, 발색시액B, 발색시액C를 혼합하였으며, 37°C에서 20분간 방치한 후 실온에서 냉각하여 630 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 산출하였다. LDH 분석은 혈청과 LDH substrate mix를 혼합하여 450 nm에서 흡광도를 측정하고, 37°C에서 30분간 반응시켜 450 nm에서 흡광도 (M200 Pro, Tecan)를 측정한 값을 산출하였다. D-Lactate 분석은 혈액과 reaction mix를 혼합하여 실온에서 30분간 반응시킨 후, 450 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 산출하였다. TG 분석은 혈청과 효소시액을 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 550 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 산출하였다. FFA 분석은 혈청과 ACS reagent를 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시킨 후 reagent mix preparation을 혼합하여 37°C에서 10분간 반응시켰으며, 570 nm에서 흡광도를 측정하여 값을 산출하였다. 조직 내 지질 과산화인 malodialdehyde (MDA) 수치는 Mihara 등의 방법²⁰⁾으로 측정하였으며, 조직

샘플과 1% phosphoric acid를 혼합시킨 후, 0.67% thiobabutaric acid를 첨가하여 95℃, 45분간 가열시켰다. 가열시킨 뒤 buthanol을 첨가하여 3,000rpm, 10분간 원심분리하여 상층액을 채취하여 540nm에서 흡광도 값을 측정하였다.

6. 간 및 근육 내 글리코겐 함량 측정

간과 근육 조직 내 glycogen 함량을 측정하기 위해 간과 근육 조직액을 제조하였다. 100 mg 간 조직에 1 mL PBS를 넣어 homogenizer로 균질화하였으며, 균질화한 용액을 18,000×g, 4℃, 10분간 원심분리한 후 상층액을 취해 간 조직액으로 사용하였다. 근육 조직액은 적출한 골격근에 500 μL PBS를 넣어 homogenizer로 균질화하고, 균질화된 용액을 18,000×g, 4℃에서 10분간 원심분리한 후 상층액을 취해 근육 조직액으로 사용하였다. 간 및 골격근 내 glycogen 함량은 Bio Vision, Inc., Milpitas, CA, USA)를 사용하여 제시된 방법에 따라 측정하였다.

7. 통계분석

모든 수치는 평균과 표준오차로 표시하였으며, SPSS (Version 25.0, IBM, Armonk, NY, USA)를 사용하여 one-way analysis of variance(ANOVA) test 및 student's t-test를 실시해 각 군의 평균차이에 대한 통계적 유의성을 p -value<0.05에서 검증하였다.

Ⅲ. 결과 및 고찰

1. 강제수영부하실험에서 약선레시피가 수영시간에 미치는 영향

강제수영부하실험은 운동으로 인한 피로 및 지구력을 평가하는 대표적인 방법으로²¹⁾, 약선레시피(YS200) 및 홍삼 추출물(RG200) 급여 시작일과 종료일 후의 강제수영부하실험에서 수영시간을 비교하여, 지구력에 미치는 영향을 살펴보고자 하였다. 그 결과, 대조군보다 RG200군과 YS200군 모두 수영

시간이 증가함을 확인할 수 있었다. 시료 투여 시작 전 수영 시간은 유의차 없이 그룹화하여 진행하였으며, 시료 투여 전후 수영시간 차이 변화에서 Control군은 52.20±11.76인 반면 RG200군은 131.40±30.84초, YS200군은 150.07±21.82초로 수영시간이 대조군에 비하여 실험군 모두에서 유의적으로 증가하였다(Fig. 1). 특히, 홍삼뿐만 아니라 약선설계 레시피 섭취역시 수영가능시간을 유의적으로 증가시켜 수영으로 인한 급성피로에 대한 효과를 예측할 수 있었다.

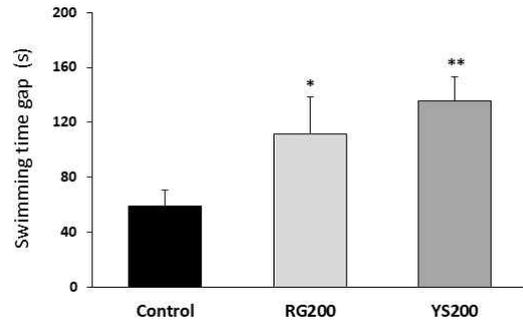


Fig. 1. Effect of Yaksun recipe on exhaustive swimming capacity in mice. Control, distilled water treated group; RG200, water extract of red ginseng 200 mg/kg body weight-treated group; YS200, water extract of Yaksun recipe 200 mg/kg body weight-treated group. All values are mean±SE of 10 mice in each group. * p <0.05 and ** p <0.01, significance difference between the control and samples.

2. 강제수영부하실험에서 약선레시피가 간 및 근육조직무게 변화에 미치는 영향

골격근 중 가자미근 및 비복근의 무게를 측정결과, YS200군이 각각 22.54±0.70g, 346.67±25.49g으로 대조군 18.87±1.07g 및 318.57±25.45g과 비교하여 유의적으로 증가하여 이는 수영시간증가와 근피로도 감소등에 기여한 것으로 판단된다. 반면 대조군과 RG200군과의 비교에서는 유의성이 관찰되지 않았다. 간 무게는 대조군 1.47±0.25g, RG200군 1.47±0.20g 및 YS200군 1.56±0.09g으로 대조군 및 실험군과 유의성이 관찰되지 않았으며, 이는 시험물질 이 체내에서 독성을 나타내지 않음을 간접적으로 나타낸 것이다.

Table 2. Muscle and liver weight on the forced swimming test in mice.

| Group ¹⁾ | Skeletal muscles (mg) | | Liver (g) |
|---------------------|-----------------------|---------------|-----------|
| | Soleus muscle | Gastrocnemius | |
| Control | 18.87±1.07 | 318.57±25.45 | 1.47±0.25 |
| RG200 | 19.36±0.73 | 330.00±27.38 | 1.47±0.20 |
| YS200 | 22.54±0.70* | 346.67±25.49* | 1.56±0.09 |

Control, distilled water treated group; RG200, water extract of red ginseng 200 mg/kg body weight-treated group; YS200, water extract of Yaksun recipe 200 mg/kg body weight-treated group. All values are mean±SE of 10 mice in each group. * p <0.05, significance difference between the control and samples.

3. 강제수영부하실험에서 약선레시피가 글리코겐 함량에 미치는 영향

지속적인 운동은 에너지 부족을 초래하게 되는데, 이는 간 및 근육에 저장된 글리코겐의 해당작용에 의하여 에너지 생산을 위한 자원으로 활용하여 피로도를 감소시키므로 그 양을 측정함으로써 운동능력에 미치는 영향과 피로도 정도를 판단할 수 있다²²⁾. 시험종료 후 간의 글리코겐 함량을 측정된 결과 YS200 군이 35.44±2.59g으로 대조군 28.95±0.68g 과 비교하여 유의적으로 글리코겐함량이 증가하였고, RG200 군은 31.39±2.11g으로 대조군과 비교하여 유의적인 변화는 없었

으나, 증가하는 경향을 나타내었다(Fig 2.). Oh 등의 혼합곡식의 지구력 향상 효과연구²³⁾에 의하면 글리코겐이 고갈되면 탈진 상태가 되고, 반대로 글리코겐 함량이 증가되면 운동의 지속적인 능력이 향상되는데 이때 저장성 글리코겐이 무산소 운동 및 유산소 운동에서 효율적인 지방산 산화를 위하여 필요한 oxaloacetic acid 생성에 이용되기 때문에 지구력 증진 및 운동효율에 중요한 것으로 보고하였다. 따라서 글리코겐은 해당과정 및 ATP 생성과 산화를 위한 주요 에너지원으로서, 약선레시피 급여로 증가한 글리코겐 함량은 간 조직 글리코겐 저장능력 향상으로 체내 에너지를 증가시켜 지구력 증진 및 운동효율을 높였던 것으로 판단할 수 있다.

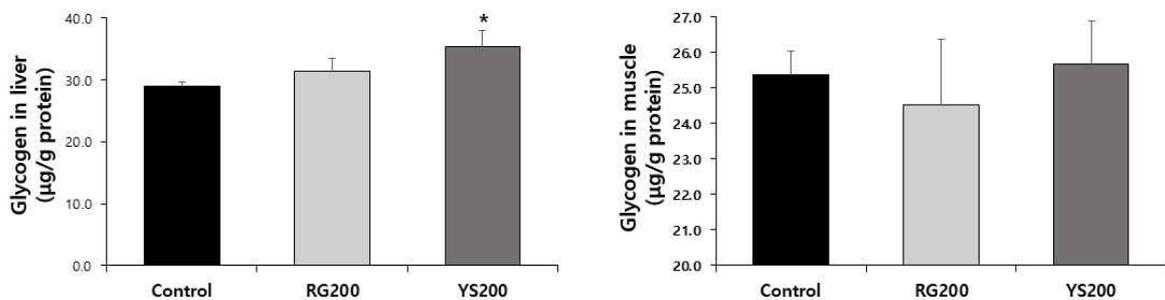


Fig. 2. Effect of Yaksun recipe on glycogen level in tissue after forced-swimming test. Control, distilled water treated group; RG200, water extract of red ginseng 200 mg/kg body weight-treated group; YS200, water extract of Yaksun recipe 200 mg/kg body weight-treated group. All values are mean±SE of 10 mice in each group. **p*<0.05, significance difference between the control and samples.

4. 강제수영부하실험에서 약선레시피가 근손상 회복에 미치는 영향 (LDH, D-lactate, CK, ammonia)

고강도 운동 시 산소공급량이 근육의 산소 소모량에 미치지 못하는 경우 근육조직의 젖산농도가 증가하게 된다. 생성된 젖산은 혈액을 통하여 심장 또는 간에서 처리되는데, 운동으로 인해 젖산이 축적되면 체내 산성화가 초래되어 운동 중 글리코겐의 포도당 전환효소인 phosphorylase 활성이 저해되고, 결과적으로 무산소 상태에서 운동에너지 급원인 포도당 신생작용이 억제된다²⁴⁾. 따라서 혈중 젖산의 감소는 근육 내 피로도를 경감시키는 주요 마커로 인지되고 있는데, YS200 급여에 의하여 근육 및 혈장 젖산 농도가 대조군에 비하여 유의적으로 감소됨을 확인할 수 있었다(Table 3.). 이는 미강의 섭취가 한계유영 운동에 미치는 영향연구와 유사한 패턴으로²⁵⁾, YS200 군의 경우 대조군에 비하여 장시간 강제수영을 하였음에도 불구하고 대조군에 비하여 약선레시피 추출물이 효과적으로 젖산 생성을 저해하여, 젖산과다 축적으로 발생하는 조직과 혈액 산성화와 이로 인한 근육뭉침 현상을 억제함으로써 근피로를 지연시키고 운동수행능력을 향상시켰을 수 있다.

LDH는 불충분한 산소에 의해 생성된 피루브산을 젖산으로 전환시키는 과정을 촉매하는 효소로서, 특히 고강도 운동 시 그 활성이 증가되어 젖산과 함께 근육 피로 대사조절에 관여한다. 특히 LDH는 세포질에 존재하며 세포막을 통과하지 못하므로 혈중으로 배출되지 않는데 세포막이 손상되면 혈중 농

도가 높아진다²⁴⁾. 본 연구에서 근육 및 혈중 LDH 효소농도를 모두 측정하였으며 그 결과 RG200군 각각 48,30±7.01 mU/mg protein, 313.93±53.04 mU/mL, YS200 군 47,82±2.98mU/mg protein, 425,34±81.47로 대조군과 비교하여 LDH 효소활성이 모두 유의적으로 감소되었다 (Table 3.), 이는 Song 등의 연구²⁶⁾에서와 같이 LDH 활성 및 젖산의 저해를 통하여 지구력상승 효과를 설명한 연구와 유사한 결과로, 시험물질 투여가 근조직 손상 방지와 피로도 감소를 통하여 운동능력을 향상시킨 것으로 판단할 수 있다. 또한 당이 분해되는 과정인 해당작용에서 ATP가 생성되려면 NAD+가 필요하며 무산소운동에서 연속적인 ATP를 생성하기 위하여 LDH에 의한 NAD+ 공급이 필요하고 그 결과로 젖산이 생성되는데²⁷⁾, 장시간 강제수영을 하였음에도 혈장 내 젖산의 함량은 감소하였고, 골격근육의 LDH 활성은 낮아져 무산소 운동에 의한 젖산생성이 아닌 유산소 운동으로의 전환이 이루어졌을 것으로 생각 할 수도 있다.

근육 내 aspartate는 purine nucleotide cycle의 주요 구성성분으로서 ATP 풀을 재생시켜 근육에 에너지를 제공하고, 이 과정에서 유리 암모니아를 형성하는데, 운동의 강도나 시간에 따라 아미노산의 분해 결과 생성된 암모니아 축적은 근육의 통증 감지와 관련이 있는 구심성 신경을 자극하고, TCA cycle 및 당신생 작용을 저해하며, 젖산 생성을 초래함으로써 근육의 피로를 유발시킨다²⁸⁾. 본 실험에서 RG200 및 YS200 군 모두 대조군에 비하여 강제수영시간이 증가하였음에도 불구하고 암모니아농도가 유의적으로 감소함을 확인하였고(Table 3.),

이는 근육 통증 감소 및 젖산 생성을 억제함으로써 근 피로 유발 요인들을 효율적으로 억제하여 근지구력을 향상시켰음을 의미한다.

크레아틴인산화효소(CK)는 근육에 다량 존재하는 효소로 근세포들이 손상될 때 혈액으로 방출되어 에너지원을 생성에 관여하며, 운동 중인 근육 세포에서 무산소 시 ATP 재합성에 필요한 creatine phosphate를 합성하는 역할을 하므로 CK 활성도는 운동지속시간 또는 강도에 영향을 받아 근손상의 지표로 활용될 수 있다²⁹⁾. CK 활성도 경우 비혈장 특이적 효소로 조직에서의 활성도가 혈장에서 보다 높게 나타나는데, 본 연구에서는 조직 및 혈장의 활성도를 모두 측정하였다. RG200 군

142.10±34.22 mU/mg protein, YS200 군 152.27±23.74 mU/mg protein로 대조군 177.72±13.30 mU/mg protein 과 비교하여 유의적으로 감소하였고, 혈장농도 역시 RG200 군 26.35±1.23 mU/mL, YS200 군 21.46±0.29 mU/mL로 대조군 30.38±3.21 mU/mL과 비교하여 실험군 모두 유의적으로 감소하여(Table 3.), 시험물질 투여에 의한 근손상 보호효과가 관찰되었다.

이러한 결과를 종합해 볼 때, 특히 약선레시피 추출물의 섭취가 효율적인 근육피로 대사조절을 통하여 지구력 증진에 탁월한 효과가 있었음을 알 수 있었다.

Table 3. Effects of Yaksun recipe on muscle and serum fatigue factors after forced-swimming test.

| | Control | RG200 | YS200 |
|-----------------------------|--------------|-----------------------------|----------------------------|
| Muscle | | | |
| LDH (mU/mg protein) | 68.89±9.04 | 48.30±7.01 ^{***} | 47.82±2.98 ^{****} |
| D-Lactate (nmol/mg protein) | 0.31±0.04 | 0.30±0.04 | 0.25±0.03 ^{**} |
| CK (mU/mg protein) | 177.72±13.30 | 142.10±34.22 ^{**} | 152.27±23.74 [*] |
| Serum | | | |
| LDH (mU/mL) | 535.56±84.46 | 313.93±53.04 ^{***} | 425.34±81.47 [*] |
| D-Lactate (nmol/μL) | 1.09±0.18 | 1.10±0.16 | 0.78±0.19 ^{**} |
| CK (mU/mL) | 483.64±55.20 | 441.94±29.01 | 375.05±74.50 ^{**} |
| Ammonia (nmol/μL) | 30.38±3.21 | 26.35±1.23 ^{**} | 21.46±0.29 ^{****} |

LDH, lactate dehydrogenase; CK, creatine kinase. Control, distilled water treated group; RG200, water extract of red ginseng 200 mg/kg body weight-treated group; YS200, water extract of Yaksun recipe 200 mg/kg body weight-treated group. All values are mean±SE of 10 mice in each group. * $p<0.05$, ** $p<0.01$, and *** $p<0.001$ significance difference between the control and samples.

5. 강제수영부하실험에서 약선레시피가 에너지 공급에 미치는 영향 (glucose, TG, FFA)

지구력을 향상시키기 위하여 가장 중요한 요인은 에너지의 저장과 소비형태라 할 수 있다. 장시간 운동으로 혈중 포도당이 근육으로의 유입이 증가하게 되고, 이러한 포도당이 부족하면 글리코겐을 재합성할 수 없으므로 신체적 피로가 가중되는 것이다. Kim 등의 연구³⁰⁾에서, 운동 전 당의 섭취는 근수축의 지속시간을 연장할 수 있고, 피로를 지연시킬 수 있으며, 운동 중 혈당의 증가로 회복기에서 혈중 젖산의 급격한 감소를 유발하여 운동수행 능력과 피로회복에 효능이 있는 것으로 보고하였다. 본 연구에서 혈중 포도당 농도를 측정된 결과 RG200 군이 87.01±6.54 nmol/μL, YS200 군이 85.46±5.08 nmol/μL 로 대조군과 비교하여 유의성있게 증가하였다 (Table 4.). 이는 운동 시 간에 저장된 글리코겐을 분해시켜 혈중 포도당을 높여준 것으로 판단된다. 간의 글리코겐 함량의 경우 RG200군은 증가하는 경향을 나타내었고, YS200군은

유의적으로 증가하여, 시험물질 투여로 인한 글리코겐 함량증가가 운동 중 에너지원인 포도당을 원활히 공급하여 지구력이 향상되었음을 알 수 있었다.

지방은 주로 중성지방(TG) 형태로 지방세포 또는 골격근 섬유에 저장되어 있으며 운동이나 스트레스에 민감하게 반응하여 글리세롤과 유리지방산으로 분해되어 혈액으로 방출되어 순환함으로써 중요한 에너지원으로 이용되며, 혈중 유리지방산은 당 신생과정을 거쳐 에너지원으로 이용됨으로써 피로도를 감소시킨다³¹⁾. 본 연구에서는 중성지방 및 유리지방산 모두 대조군과 비교하여 유의적 차이를 나타내지 않았다. 이는 시험군 모두 주요 에너지원인 포도당의 원활한 공급으로 지방산의 에너지대사 증진을 통한 글리코겐을 절약할 필요성이 없었기 때문인 것으로 판단된다.

Table 4. Effect of Yaksun recipe on the levels of serum energy sources after forced-swimming test.

| Group ¹⁾ | Glucose (nmol/ μ L) | Free fatty acid (nmol/ μ L) | Triglyceride (mg/dL) |
|---------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|
| Control | 59.42 \pm 6.07 | 0.87 \pm 0.04 | 100.31 \pm 7.41 |
| RG200 | 87.01 \pm 6.54 ^{**} | 0.85 \pm 0.03 | 96.11 \pm 9.49 |
| YS200 | 85.46 \pm 5.08 ^{**} | 0.87 \pm 0.03 | 95.83 \pm 5.09 |

Control, distilled water treated group; RG200, water extract of red ginseng 200 mg/kg body weight-treated group; YS200, water extract of Yaksun recipe 200 mg/kg body weight-treated group. All values are mean \pm SE of 10 mice in each group. * p <0.05, ** p <0.01, and *** p <0.001 significance difference between the control and samples.

4. 강제수영부하실험에서 약선레시피가 BUN 및 GOT, GPT에 미치는 영향

요소질소는 단백질 대사의 최종 산물로서 간에서 형성되어 혈액을 통해 신장으로 운반되어 지방으로부터 충분한 에너지를 채우지 못할 경우 단백질의 이화작용으로 격한 운동 후 증가하여 운동 적응력을 악화시킨다²¹⁾. 대조군의 경우 21.72 \pm 1.75 mg/dL, RG200은 21.49 \pm 2.98 mg/dL, YS200군은 19.06 \pm 2.89 mg/dL 로 약선레시피군이 대조군과 비교하여 BUN 수치가 유의적으로 낮게 측정되었다(Table 5.). 이는 Lee 등의 연구¹⁵⁾에서 산수유 추출물 투여가 강제수영 시험 시, 고강도 운동에 의한 단백질 및 아미노산의 분해 증가에 따른 요소질소의 생성을 감소시킴으로써 신장기능부하를 완화시켰다고 보고한 결과와 같은 결과로, 약선레시피 추출물이 당 또는 단백질 이용 효율을 높여 요소질소를 감소시킴으로써 지구력 능력과 피로도를 개선시킨 것으로 생각된다.

GOT 및 GPT는 대부분의 장기에 존재하며 특히 간 세포에

다량 존재하는 아미노산 합성효소로서 외부 자극 및 스트레스로 인하여 세포 또는 특정 장기가 손상되면 세포 밖으로 유출된다³²⁾. 따라서 혈액 중 GOT 및 GPT 함량을 측정함으로써 추출물의 간과 근육조직 손상 및 자극 정도를 파악하여 시험물질의 안전성을 확보하고자 하였다. 본 연구에서 대조군의 GOT 수치는 42.81 \pm 3.73 IU/L이었으며, RG200군은 38.47 \pm 2.27 IU/L, YS200군은 39.06 \pm 3.46 IU/L 로 감소 경향을 나타냈으나, 유의성은 나타나지 않았다. GPT 수치의 경우 대조군 12.63 \pm 1.78 IU/L, RG200군 11.55 \pm 1.32 IU/L, YS200군 10.89 \pm 1.65 IU/L 로 약선레시피 투여군이 대조군에 비하여 유의적으로 감소하였다(Table 5.). 강제수영부하 운동에 의하여 시험물질 투여로 인하여 증가가 나타날 수도 있었으나, 오히려 감소하는 경향을 나타내어 시험물질의 투여가 항피로 효과가 있을 것으로 예상할 수 있다. 또한 두 효소의 수치는 신체 활동 정도에 따라 증가 할 수 있으나³³⁾, 본 실험은 단기 간의 운동부하 실험으로 수치에 크게 영향을 크게 주지 않은 것으로 판단된다.

Table 5. Effect of Yaksun recipe on serum blood urea nitrogen (BUN), glutamic oxaloacetic transaminase (GOT), and glutamic pyruvic transaminase (GPT) after forced-swimming test.

| Group ¹⁾ | GOT (IU/L) | GPT (IU/L) | BUN (mg/dL) |
|---------------------|------------------|-------------------|-------------------|
| Control | 42.81 \pm 3.73 | 12.63 \pm 1.78 | 21.72 \pm 1.75 |
| RG200 | 38.47 \pm 2.27 | 11.55 \pm 1.32 | 21.49 \pm 2.98 |
| YS200 | 39.06 \pm 3.46 | 10.89 \pm 1.65* | 19.06 \pm 2.89* |

Control, distilled water treated group; RG200, water extract of red ginseng 200 mg/kg body weight-treated group; YS200, water extract of Yaksun recipe 200 mg/kg body weight-treated group. All values are mean \pm SE of 10 mice in each group. * p <0.05, significance difference between the control and samples.

5. 강제수영부하실험에서 약선레시피가 지질과 산화물(MDA) 생성에 미치는 영향

과산화지질은 운동 시 활동근육에 평소보다 많은 산소가 운반되고 사용되는 과정에서 생성된 산소 자유라디칼에 의한 근육막의 다가불포화지방산이 손상되어 지질과산화물이 생성되므로 산화스트레스 정도를 평가할 수 있는 지표로 쓰이며³⁴⁾, 따라서 강제수영부하 실험과 같은 고강도 운동 시 산화스트레스를 유발하고 이는 다양한 조직에서의 활성산소의 증가를 초래하여 운동능력이 저하되어 세포와 조직의 손상으로 근피로도에 유해한 영향을 끼친다¹⁷⁾ 따라서 본 실험에서는 간조직 내

지질과산화물질인 MDA를 측정함으로써 시험물질 투여가 근피로도에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 대조군의 경우 2.00 \pm 0.20 nmol/mg protein, RG200군은 1.45 \pm 0.14 nmol/mg protein YG200군은 1.23 \pm 0.13 nmol/mg protein 로 대조군과 비교하여 시험물질 투여군 모두 유의적으로 지질과산화물 농도가 낮게 측정되었으며(Fig. 3), 이는 시험물질 투여가 산소라디칼생성을 억제함으로써, 근세포막 손상을 방지하고 과산화지질 생성을 억제시킴으로써 근피로도를 저하시켜 운동능력을 향상시키는 요인이 되었으리라 판단할 수 있다.

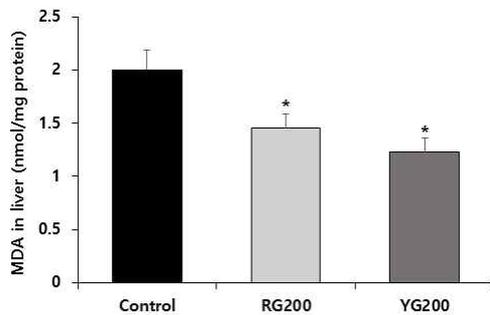


Figure 3. Effect of Yaksun recipe on liver lipid peroxidation (MDA) levels after forced-swimming test. MDA, malondialdehyde. Control, distilled water treated group; RG200, water extract of red ginseng 200 mg/kg body weight-treated group; YS200, water extract of Yaksun recipe 200 mg/kg body weight-treated group. All values are mean \pm SE of 10 mice in each group. * p <0.05, significance difference between the control and samples.

IV. 요약

본 연구에서는 항피로 및 지구력 향상을 위한 약선설계를 활용하여 레시피를 개발하였다. 열수 추출 및 동결건조를 진행한 뒤, 강제수영부하실험을 실시하여 약선레시피 추출물의 지구력증진 및 항피로 개선에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 강제수영부하실험 종료 후 수영시간정도를 확인하였으며, 근손상 회복 및 근피로도 변화, 혈청 내 에너지원등의 분석을 진행하였다.

강제수영시간의 경우 홍삼추출물군인 RG200 군과 약선레시피군인 YS200 군이 대조군과 비교하여 각각 1.9배, 2.2배 증가하였다. 강제수영부하실험에서 YS200군의 간조직 글리코겐 함량이 대조군과 비교하여 유의적으로 증가하였으며, RG200 군은 증가 경향을 나타내었고, 이로 인하여 두 시험군 모두 에너지원인 혈중 포도당 농도가 유의적으로 증가함을 관찰할 수 있었다. 근피로도 관련 지표측정 결과, YS00 군의 경우 근육조직 LDH, D-Lactate 및 CK와 혈청 LDH, D-Lactate, CK 및 Ammonia 등의 지표들 모두 유의적으로 감소시켰으며, RG200 군의 경우 근조직 LDH 및 CK, 혈청 LDH 및 Ammonia 등의 지표들을 유의적으로 감소시켰다. 또한 YS200 군의 경우 혈중 GPT 및 BUN 수치 역시 유의적으로 감소시켰고, 간 조직 내 지질과산화물 생성은 RG200 및 YS200 군 모두 유의적으로 감소시켰음을 확인하였다.

이상의 연구결과로 약선설계된 레시피 추출물은 간조직 글리코겐을 효율적으로 활용하고, 근손상 회복 인자 조절 및 근육조직 내 과산화지질 생성을 억제시킴으로써 지구력 증진 및 피로개선 효과를 나타내는 것으로 판단되며, 이는 약선설계의 유효성을 검증한 최초의 연구로서 생약자원을 활용한 약선 개발을 위한 과학적인 기초자료가 될 수 있을 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 연구사업(세부과제번호: PJ01425103)의 지원에 의해 수행되었습니다.

References

1. Park, G.T., Kim, D.W. Studies on Development of Functional Herbal Food Based on Yaksun -Focusing on the Relevant Chinese Literature. *The Korean Journal of Culinary Research*. 2003 ; 9(4) : 191-202.
2. Shin, M.K. The Effect of a Traditional Food on Health *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*. 1996 ; 6(2) : 273-6.
3. Park, S.H. Understanding and Application of Yak-Sun (Oriental Medicinal Cuisine) *Korean journal of oriental physiology & pathology*. 2005 ; 19(6) : 1520-7.
4. Bok, H.J., Lee, G.J., Song, J.E. A Research on the Traditional Food Materials for Developing Medicinal Food and the Direction of Applying the Theories of Oriental Medicine. *Journal of the East Asian Society of Dietary Life*. 2005 ; 15(3) : 346-56.
5. Kim, M.R, Oh, W.K. Developing a Curriculum-based Medicinal Food Design Specialists Developing Curriculum through Job Analysis. *Culinary Science & Hospitality Research* 2018 ; 24(4) : 63-78.
6. Jeong, K.A., Lee, N.H., Kim, M.L., Oh, W.K. Analysis of differences in selection attributes according to the characteristics of customers of medicinal restaurants. *Ko-rean Journal of Food Nutrition*, 2017 ; 30(2) : 22-29.
7. Jung G.T., Ju I.O., Choi S.R., You D.H., Noh J.J. Food nutritional characteristics of fruit of *Cudrania tricuspidata* in its various maturation stages. *Korean J Food Preserv*. 2013. 20:330-335.
8. Sellami M., Slimeni O., Pokrywka, A., Kuvačić, G., Hayes L.D., Johnny, Milic, M., Padulo, J. Herbal medicine for sports: a review. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 2018 ; 15(15) : 14.
9. Takamura, Y., Makanae, Y., Ato, S., Yoshii, N., Kido, K., Nomura, M., Uchiyama, A., Shiozawa, N., & Fujita, S. Panaxatriol derived from ginseng augments resistance exercised-induced protein synthesis via mTORC1 signaling in rat skeletal muscle. *Nutr Res*, 2016 ; 36(11): 1193-1201.
10. Hoang, L.S., Tran, M. H., Lee, J. S., Ngo, Q. M., Woo, M. H., Min, B. S. Inflammatory inhibitory

- activity of sesquiterpenoids from *Atractylodes macrocephala* Rhizomes, *Chem. Pharm. Bull.* 2016; 64 : 507–11.
11. Kim, S.H., Park Y. K. Effect of *atractylodis rhizoma alba* extract on collagen-induced arthritis in mice, *Korean J. Herbology.*, 2012 ; 27 : 1–6.
 12. Cheng, L, Lv, Y, Li, T. Zheng, X., Zhai R. , Purification, antioxidant activity and antiglycation of polysaccharides from *Polygonum multiflorum* Thunb, *Carbohydr. Polym.*, 2014 ; 99 : 765.
 13. Lee C.H., Kim Y.E., Kim I.H., Han D.S., Seong K.S., Yang D.H., Song T.C. Evaluation on the Muscular Strength Activity of Medicinal Herb Hot-Water Extracts, *J Korean Soc Food Sci Nutr.*, 2007 ; 36(6), 678–82.
 14. Park SH, Ha SM, Ha MS, Baek YH. Effects of *Cornus officinalis* extract on blood fatigue substance, muscle damage and liver function during winter training in middle school male soccer players. *J Korean Oil Appl Soc.* 2017 ; 34 : 827–38.
 15. Lee J.A, Shin M.R, Noh J.S., Park H.J., Roh S.S. Anti-Fatigue Effect of *Cornus officinalis* Sieb. et Zucc. Extract in Forced Swimming Test, *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2021 ; 50(4) : 315–21
 16. Lee H.J., Lee J.H., Jung J.T., Lee Y.J., Oh M.W., Chang J.K. Changes in free sugar, coixol contents and antioxidant activities of Adlay sprout (*Coix lacryma-jobi* L. var. *ma-yuen* Stapf.) according to different growth stage. *Korean J Medicinal Crop Sci.* 2019 ; 27 : 339–47.
 17. Park, Y.J. Effects of Adlay Intake Amount on Lipid Peroxidation and Exercise Capacity of Rats. *Korean Society for Wellness*, 2013 ; 8(3) : 261–273
 18. Choi, D.J., Kim, M.H., Choi, S.R., Kim, Y.K., Jin, H.H. Quality Characteristics of Fresh Noodle with Freeze-dried Mulberry(*Cudrania tricuspidata*) Powder *J East Asian Soc Diet Life.* 2018 ; 28(5): 375–83.
 19. Byun, E.B., Kim, K.W., Oh, N.S., Park, W.J., Park, S.H., Kim, W.S., Song, H.Y., Han, J.M., Byun, E.H. Protective Roles of Polysaccharides Extracted from *Cudrania tricuspidata* Fruits in Macrophages. *J Korean Soc Food Sci Nutr.* 2019 ; 48(12), 1330–36.
 20. Mihara M, Uchiyama M. Determination of malondialdehyde precursor in issue by thiobarbituric acid test. *Anal Biochem* 1978 ; 86 : 271–278.
 21. Han BK. Antifatigue effects of soluble rice protein. *Food Industry and Nutrition*, 2020 ; 25 : 38–44.
 22. Robergs R.A., Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercise-induced metabolic acidosis. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* 2004 ; 287(3) : 502–16.
 23. Oh H.G., Park J.W., Kang Y.R., Kim J.H., Seo M.Y., Kim M.G., Doo J.K., Shin D.H., Jung, E.S., Chae, S.W., Kim O.J., Lee H.Y. Improving Effects of Multigrain Feed on Endurance. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2011 ; 40(12) : 1700–07
 24. Shin S.M., Ko H., A Clinical Study on the Antifatigue Effect of SM-2000. *Korean J. Orient. Int. Med.* 2011 ; 32(3) : 411–24.
 25. Shin, T. K., Park, J. J., Kim, K.M., Jun, W.J.. Effect of Rice Bran Supplementation on Endurance Exercise Capacity in Mice. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2019 ; 48(12) : 1317–22.
 26. Jung, H.S., Kim E.Y., Shim, E.S., Lee, H.S., Moon, E.J., Jin, Z.H. Effects of *Rhodiola rosea* (KH101) on anti-fatigue in forced swimming rats. *Korean J Orient Int Med.* 2008 ; 29 : 922–38.
 27. Song TC, Han D, Lee CH, Kim YE, Jung KA, Kim HY. Effect of dietary supplementation of two tonic formula on the forced-swimming capacity of rats. *Korean J Food Sci Technol.* 2005 ; 37 : 648–55.
 28. Bachri, S., Woo, M.H., Lee, H.W., Choi, J.W., Kim, H.S. Effects of Herbal Sports Drinks with Omija, Maesil and Molasses on the Endurance and Energy Metabolites of Experimental Animals. *Journal of Life Science.* 2009 ; 19(2) : 219–27.
 29. Mutch, BJC, Branister, E.W. Ammonia metabolism in exercise and fatigue: a reivew. *Med. Sci. Sports Exerc.* 1983 ; 15 : 41–50.
 30. Kim, E.H, Lee, K.S. Effects of *Hovenia dulcis* Thunberg extract on enzymes related reactive oxygen intermediate. *Korean J Food Nutr* 2012 ; 25 : 1016–22.
 31. Kim, Y.J, Jung, U.J, Lee, G.D., Choi, M.S. Effects of herbal sports drinks containing *Prunus mume* fruit extract on the plasma lipid profile and endurance of rats. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 2012 ; 41 : 1409–16.
 32. Kim, Y.S., Ryu, B.H., Kim, J.S. Effect of *Wongisaengmaek-san* extract on antioxidative and anti-fatigue activity. *Korean J Orient Int Med.* 2009 ; 30 : 94–106.
 33. Kang, M.J., Hwang, C.R., Lee S.J., Shin, J.H. Antifatigue effect of eel and plant mix extracts during aerobic running training in Sprague Dawley rats. *J Life Sci.* 2014 ; 24 : 728–36.
 34. Baek, Y.H., Bae, G.W., JU, S.B., Lee, W.J., Kim, J.H., Choi, S.R. Effects of black garlic intake on exhaust variables in blood, liver function after the maximal exercise. *The Korea Journal of Sports Science.* 2010 ; 19(4) : 1197–1210.
 35. Sachdev, S., Davies, K. J. Production, detection, and adaptive responses to freeradicals in exercise. *Free Radic Biol Med.* 2008 ; 44(2) : 215–23.