

고강도 운동을 실시한 흰쥐에 대한 오이식초음료의 항피로 효과

조현동 · 김정호¹ · 이주혜² · 홍성민³ · 이성태⁴ · 서권일^{5,*}
경북대학교 식품공학부, ¹순천대학교 식품영양학과, ²농촌진흥청,
³동아대학교 농업생명과학연구소, ⁴순천대학교 약학과, ⁵동아대학교 생명공학과

Anti-fatigue effect of a cucumber vinegar beverage on rats after high-intensity exercise

Hyun Dong Cho, Jeong Ho Kim¹, Ju Hye Lee², Seong Min Hong³, Sung Tae Yee⁴, and Kwon Il Seo^{5,*}

Department of Food Science and Biotechnology, Kyungpook National University

¹Department of Food and Nutrition, Sunchon National University

²Functional Food and Nutrition Division, Dept. of Agro-Food Resource,
National Academy of Agricultural Science, Rural Development Administration

³Institute of Agricultural Life Sciences, Dong-A University

⁴Department of Pharmacy, Sunchon National University

⁵Department of Biotechnology, Dong-A University

Abstract We evaluated the effect of cucumber vinegar (CV) on fatigue accumulation in rats that performed high-intensity exercise. The rats were randomly assigned to 3 groups: sedentary control (SC), exercise control (EC), and CV. Body weights were higher in groups EC and CV than in group SC. Organ weights in group CV did not differ from those in group SC. Running time was significantly longer in group CV than in the other groups. Compared to group EC, cucumber vinegar administration markedly decreased serum concentrations of ammonia, inorganic phosphate, and L-lactate. The activities of serum creatine kinase and lactate dehydrogenase were significantly lower in group CV than in groups SC and EC. Glycogen contents in the muscle and liver were higher in group CV than in groups SC and EC. These results suggest that cucumber vinegar can serve as a functional ingredient in the development of a beverage to attenuate fatigue.

Keywords: anti-fatigue, cucumber vinegar, high-intensity exercise, treadmill

서 론

피로는 과한 작업이나 자극에 의하여 기관의 기능이 감퇴하고 병적 감각이 동반되는 현상 또는 작업에 의해 생체의 기관이나 조직의 기능이 감소된 상태를 말한다. 현대인은 생활 속에서 상당한 피로와 스트레스를 받으면서 살아가고 있으며 최근에는 야외활동의 증가로 등산이나 마라톤과 같은 고강도 익스트림 스포츠를 즐기는 사람도 증가하는 추세이다. 과도한 운동이나 정신적 스트레스에 의해 생성되는 대표적인 대사산물로 젖산을 들 수 있으며 체내 젖산의 증가 및 축적은 피로의 누적을 유발한다. 만성적으로 노출된 피로는 삶의 질을 낮출 뿐만 아니라 만성피로증후군 및 신경내분비계의 면역조절의 장애를 일으키는데 관여한다고 알려져 있다(1,2). 따라서 일상생활이나 운동에서 오는 축적된 피로를 신속히 회복하는 것은 매우 중요하다고 할 수 있다.

피로유발에 관련된 요소로는 젖산(lactic acid), 젖산수소제거효소(LDH; lactate dehydrogenase), 암모니아(ammonia), 글리코젠(gly-

cogen) 등이 알려져 있으며 이 물질들은 생리적 운동능력 및 피로도를 측정하는 분석 지표로서 사용된다(3). 운동으로 증가된 젖산은 근육에 축적되어 근손상을 유도하고 운동능력을 저하시킨다고 알려져 있으며(4), 젖산을 피루브산으로 전환시키는 LDH 효소를 증가하게 만든다. 이는 곧 아세틸 CoA (acetyl coenzyme A) 로 전환되어 해당과정을 통하여 발생한 산물과 함께 크렘스 회로를 거쳐 ATP를 생산하고 체내에서 에너지로 사용된다(5,6). 고강도 훈련은 간 및 근육의 글리코젠을 고갈시켜 에너지 대사를 저해하며 근육 내 젖산뿐만 아니라 암모니아(ammonia) 및 무기인산(inorganic phosphate) 등과 같은 대사산물의 축적을 통해 근손상 및 운동능력을 저하시킨다고 알려져 있다(7,8).

오이(*Cucumis sativus* L.)는 박목 박과에 속하며 온대 및 열대 지역에 잘 자라는 식물로 원산지는 인도로 추정되며 우리나라에서는 삼국시대부터 재배된 것으로 알려져 있다. 오이는 수분, 무기질 및 비타민 C의 함량이 많은 알칼리성 식품으로 이뇨작용과 해독작용이 뛰어나 운동이나 등산을 할 때 오이를 음료 대신 섭취하는 경우도 있다(9,10). 또한 오이추출물에 함유된 플라보노이드와 탄닌 성분에 의해 프리라디칼 소거능과 진통억제효능을 가진다고 보고된 바 있으며, 항돌연변이 및 항균 효과가 있다고 알려져 있다(11,12). 현재 오이를 이용한 식품 개발이 지속적으로 이뤄지고 있으나 주로 절임과 통조림 형태로 국한되어 있으며 오이 생산량에 비하여 소비량이 감소하고 있는 실정을 감안하면 잉

*Corresponding author: Kwon Il Seo, Department of Biotechnology, Dong-A University, Busan 49315, Korea
Tel: +82-51-200-7565
E-mail: kseo@dau.ac.kr
Received October 10, 2016; revised November 30, 2016;
accepted December 5, 2016

여 오이를 처리하기 위한 대처방안이 시급한 실정이다(13,14).

식초는 전통적인 발효 식품으로서 아세트산발효에 의해 생성된 아세트산을 주성분으로 하여 가정에서는 조미료로 사용되었고, 한의학에서는 해독과 부종을 치료하는데 사용되어져 왔다(15). 식초의 생리활성 효능으로는 동맥경화, 고혈압 및 고혈당증 등의 성인병 예방과 체지방 감소 및 피로회복 등에 효과가 있다고 보고되어 있다(16-19). 최근 건강에 대한 국민들의 인식향상으로 웰빙 열풍이 불게 되었고 식초의 생리활성 효과가 조명을 받아 합성 식초보다 발효 식초의 수요가 높아졌으며 결과적으로 식초의 고급화 및 다양화가 이루어지고 있는 추세이다(20). 이에 본 연구진은 선행연구에서 오이를 이용하여 속성발효식초를 제조하고 산화방지 활성을 확인한바 있다(21).

본 연구에서는 상기 발효원액을 원료로 제조한 오이식초음료의 항피로 효과를 검증하기 위하여 고강도 운동을 실시한 흰쥐에서 지구력증진 효능을 확인하였고 생화학적 지표의 변화를 관찰하여 항피로 효능을 갖는 기능성 식품으로 이용하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용된 오이(*Cucumis sativus* L.)는 전남 순천 지역에서 생산된 것을 구입하여 사용하였으며, 믹서기(CM-3000, Samyang Electronics Co., Ltd, Gunpo, Korea)로 파쇄한 후 착즙하여 원료로 사용하였다.

오이 식초 제조

오이식초는 Hong 등(21)의 방법에 따라 국내산 오이를 주원료로 2단 발효를 통해 제조하였다(Fig. 1). 주모는 오이를 파쇄하여 착즙한 것에 100% 사과농축액(72°Bx)으로 초기당도를 15°Bx로 조절한 후 *Saccharomyces cerevisiae* KCTC 7904를 접종하여 25°C에서 48시간 정치배양하여 사용하였다. 종초는 오이 알코올 발효액을 여과한 후 그 여액에 아세트산 균주 *Acetobacter* sp. PA97을 접종하여 30°C에서 200 rpm으로 72시간 진탕배양하여 사용하였다. 알코올발효는 오이 착즙액 30%, 사과농축액 16.52% 및 정제수 53.58%로 15°Bx가 되도록 초기당도를 조절한 후 주모 5% (v/v)를 접종하여 25°C 항온 배양기(HB-103MP, Hanbaek Scientific Co., Bucheon, Korea)에서 6일간 배양시켰다. 아세트산 발효는 여과된 오이 알코올 발효액에 종초 10% (v/v)를 접종하여 30°C에서 200 rpm으로 진탕 배양기(LSI-3106R, Daihan Labtech Co., Ltd, Namyangju, Korea)를 이용하여 12일간 배양하였다.

알코올 함량 및 산도 측정

알코올 함량은 시료 100 mL를 취하여 증류한 다음 Gay-Lussac 주정환산표를 이용하여 15°C로 보정하여 측정하였다. 당도는 시료 300 μ L를 취하여 당도계(Atago Pocket PAL-3, Atago Co., Tokyo, Japan)를 사용하여 측정하였다. 총 산도는 6배 희석한 시료 5 mL를 pH 8.3이 될 때까지 0.1 N 수산화소듐(NaOH) 용액으로 적정하여 아세트산의 양으로 표시하였다.

실험동물 사육

실험동물은 4주령의 수컷 Sprague-Dawley계 흰쥐 15마리를 동물사이언스(Daejeon, Korea)에서 구입하였다. 동물 사육실의 환경은 항온(22±2°C), 항습(50±5%), 12시간 간격(08:00-20:00)의 광주기로 일정하게 조건을 유지하였고 난괴법에 의하여 비운동군(sedentary control, SC), 운동군(exercised control, EC), 오이식초군

(exercised with cucumber vinegar, CV)으로 나누어 동물들을 stainless steel cage에 한 마리씩 분리하여 1주일간 고정식으로 적응시킨 후 사용하였다.

본 실험에 사용한 기본식은 AIN-93G (American Institute of Nutrition, 1993)를 조제하여 물과 식이가 자유롭게 공급되게 하였으며 매일 체중과 식이 섭취량, 물 섭취량을 측정하였다. 오이식초의 섭취량은 고농도의 아세트산(acetic acid)을 섭취한 흰쥐에서 대장염을 유발하기 때문에 5%의 오이식초를 사람이 하루에 섭취하는 양을 기준으로 사람과 동물간의 안전계수를 고려하여 매일 체중 kg 당 7 mL씩 운동이 끝난 후에 경구 투여하였으며 비운동군과 운동군은 동량의 증류수를 투여하였다. 동물실험은 순천대학교 실험동물이용 기준에 의거하여 윤리적으로 실시하였다(SCNU-IACUC-2013-2).

운동 계획 및 지구력 측정

실험동물은 비운동군을 제외하고 일정한 시각에 일주일에 5회씩 4주간 트레드밀(Daejong Instrument Industry, Seoul, Korea)을 사용하여 운동을 실시하였다. 분당 15 m의 속도로 20분, 분당 20 m의 속도로 30분, 분당 25 m의 속도로 40분, 분당 25 m의 속도로 60분씩 4주 동안 각각 진행하였다.

4주간의 운동실험 후, 모든 실험동물들은 분당 30 m의 속도로 트레드밀 끝 부분의 전기판 위에 10초 이상 움직이지 않을 때를 탈진으로 판단하여 운동을 부하한 후 탈진 때까지 달린 시간을 기록하여 운동 지구력 평가에 사용하였으며 탈진한 쥐는 에틸에테르(ethyl ether)로 마취시켜 희생하였다. 하대정맥으로부터 공복혈액을 채취하여 900 \times g으로 15분간 원심분리한 후 혈청을 분리하였으며 장기조직은 혈액 채취 후 즉시 적출하여 인산완충용액(phosphate buffered saline, PBS) 용액으로 여러 차례 헹구고 액체 질소로 냉동시켜 -80°C에 보관하였다.

피로 관련 혈청 지표분석

혈청 무기인산 함량측정은 자동분석기용 무기인 측정 키트(ASAN Pi-Lq Reagents, Asan Pharmaceutical, Seoul, Korea), 암모니아 함량측정은 혈청 암모니아 측정 키트(DRI-CHEM SLIDE NH₃-PII, Fujifilm, Saitama, Japan), 혈청 젖산측정은 L-lactate assay 키트(EnzyChrom™, Bioassay Systems, Hayward, CA, USA)를 사용하여 측정하였다.

간 및 근육 글리코겐 함량 측정

간과 근육 조직(0.2 g)에 30% KOH를 400 μ L를 넣어 100°C에서 30분간 가열한 후 실온에서 식혔다. 그 후 에탄올 1 mL을 넣고 6000 \times g로 4°C에서 15분간 원심분리하여 상층액은 제거하고 침전된 조직에 0.5 mL 증류수와 2 g/L의 anthrone solution을 넣어 620 nm에서 분광광도계를 이용하여 흡광도를 측정하였다.

젖산 탈수소효소(lactate dehydrogenase, LDH) 및 크레아틴 키나아제(creatine kinase, CK) 활성측정

ATP 유지에 관련된 근육의 생체지표를 평가하기 위해 비장근 조직 0.1 g을 쥐의 뒷다리에서 분리하여 100 mM KPB buffer 5 mL에 희석하여 유리관에 균질화 한 후 10000 \times g로 4°C에서 15분간 원심분리하여 상층액을 취하여 실험에 사용하였다. LDH와 CK 활성 평가는 Bioassay Systems의 비색측정키트(colorimetric test kit)를 구입하여 사용하였다(QuantiChrom™ Lactate Dehydrogenase kit, EnzyChrom™ creatine kinase assay kit, Bioassay systems).

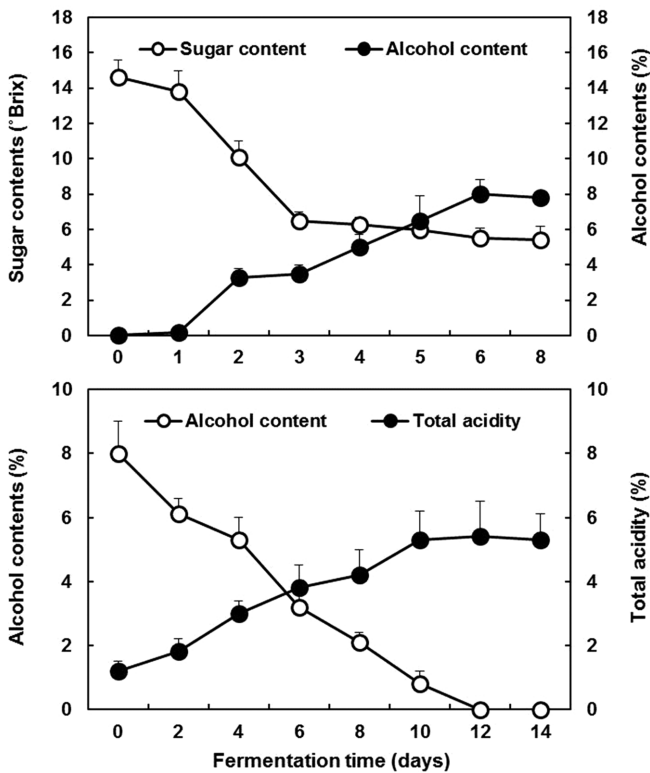


Fig. 1. Production of cucumber vinegar by two-step fermentation. (A) Changes in sugar and alcohol contents during alcohol fermentation. (B) Changes in alcohol content and titratable acidity during acetic acid fermentation. Data values are expressed as means±SE (n=3).

통계처리

실험결과는 SPSS package 프로그램(SPSS Inc., Chicago, IL, USA)을 이용하여 실험군당 평균±표준오차로 표시하였고, 각 구간 평균치의 통계적 유의성 검정은 Student's t-test를 이용하여 유의성 여부를 판정하였다(*p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001).

결과 및 고찰

오이식초음료의 제조

오이식초 발효원액은 Hong 등(21)의 방법에 따라 제조하였다. 1단계 과징인 알코올발효 과정 중 발효원액의 당도와 알코올 함량을 측정된 결과는 Fig. 1A와 같다. 첫째 날부터 생성되기 시작한 알코올은 2일째부터 급격히 증가하여 6일째 8%를 나타내었고 이후부터는 더 이상 증가하지 않았다. 반면 당도의 함량은 0일째부터 감소하기 시작하여 3일째까지 급격히 감소 후 서서히 줄어들었다. 6일째 당도는 5.5°Brix를 보였으며 그 이후로는 감소하지 않았다(Fig. 1A).

1단계 알코올발효 종료 후, 발효액을 여과하여 2단계 아세트산 발효의 기질로서 사용하였다. 아세트산발효 단계 중 알코올 함량과 산도의 변화는 Fig. 1B와 같다. 알코올 함량은 2일째부터 급격히 감소하기 시작하여 12일째 0%까지 꾸준히 감소하였다. 반면에 오이발효원액의 총 산도는 2일째부터 증가하기 시작하여 12일째 5.4%를 나타내었으며(Fig. 1B) 그 이후로는 증가하지 않아 발효를 종료하여 여과한 후 그 여액을 관능평가를 통해 가장 선호도가 높았던 5%로 식초를 희석한 오이식초음료를 제조하여 실험에 이용하였다.

Table 1. Effects of cucumber vinegar on weight gain, food intake and FER

Group	SC ¹⁾	EC ²⁾	CV ³⁾
Body weight (g)			
Initial	200.22±13.40	205.24±8.18	203.60±12.37
Final	390.69±7.90	374.87±5.13	352.08±19.89
Weight gain (g/day)	4.18±0.26	4.09±0.44	3.72±0.46
Food intake (g/day)	21.75±2.53	22.91±0.93	22.20±0.65
FER (%) ⁴⁾	16.48±1.08	19.03±0.53	17.52±4.23

Data values are expressed as means±SE (n=5).

¹⁾SC: sedentary control.

²⁾EC: exercised control.

³⁾CV: cucumber vinegar.

⁴⁾FER (food efficiency ratio): weight gain (g/day)/food intake (g/day)×100

Table 2. Effects of cucumber vinegar on organ weights in rats with exhaustive exercise

Organs	SC ¹⁾	EC ²⁾	CV ³⁾
	g/body weight 100 g		
Liver	3.45±0.10	3.01±0.08	3.55±0.80
Heart	0.38±0.06	0.32±0.00	0.33±0.07
Kidney	0.81±0.13	0.70±0.02	0.51±0.09
Abdominal fat	1.69±0.35	1.56±0.14	1.63±0.38
Perirenal fat	0.57±0.09	0.47±0.02	0.79±0.03
Epididymal fat	1.89±0.45	2.10±0.16	2.01±0.8
Gastrocnemius muscle	1.26±0.04	1.42±0.02	1.50±0.13

Data values are expressed as means±SE (n=5). Significant differences were compared with groups at *p<0.05, **p<0.01, and ***p<0.001 by Student's t-test.

¹⁾SC: sedentary control.

²⁾EC: exercised control.

³⁾CV: cucumber vinegar.

체중, 식이섭취량과 장기무게 변화에 미치는 영향

4주 동안 AIN-93G를 급여한 SC군, EC군, CV군 모두 체중증가량과 식이섭취량에서는 큰 차이가 나타나지 않았으나 식이효율에서 SC군과 EC군이 CV군보다 높게 나온 것으로 나타났으며 실험종료 후 CV군은 EC군에 비해 체중 증가가 이루어지지 않았다(Table 1). 장기무게는 CV군에서 신장무게가 SC군보다 다소 낮았고 신장주변지방과 비복근이 다소 증가한 것을 제외하고는 실험 군 간의 변화가 관찰되지 않았다(Table 2). 체중 식이섭취량 및 장기무게에서 각 실험군 간 유의적인 차이는 나타나지 않아 샘플투여에 대한 독성은 없는 것으로 판단된다(p>0.01).

지구력 향상에 미치는 영향

탈진상태에 이르기까지 고강도 운동을 함으로써 막대한 양의 에너지, 체액, 전해질이 손실되었기 때문에 다양한 미네랄을 함유한 스포츠 드링크는 체액과 전해질의 균형을 유지하는데 도움이 될 수 있다(22). 이에 따라 다량의 천연 미네랄과 유기산을 함유한 오이식초음료는 항피로 효과를 가지며 상업적 가치가 높은 천연 스포츠드링크로서 사용되어질 수 있다. 탈진까지의 운동시간은 운동 내성에 대한 항피로 효과를 직접적으로 평가할 수 있는 지표가 되므로 피로에 대한 민감성의 감소는 증가된 운동시간과 관련이 있다. SC군과 EC군을 비교하였을 때 EC군의 운동시간은 2배 이상 증가된 수치를 나타내었으며, 고강도 운동을 실시한 후 오이식초음료를 섭취한 흰쥐는 EC군과 비교하였을 때

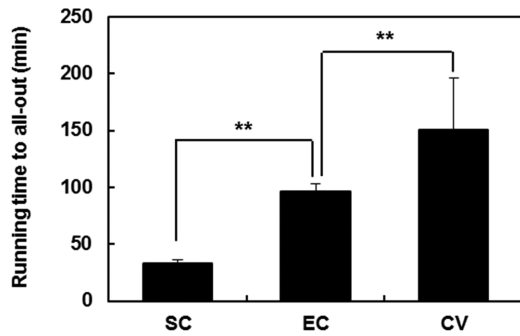


Fig. 2. Effects of cucumber vinegar on running endurance time in rats exhausted by exercise. Data values are expressed as means±SE ($n=5$). Significant differences were compared with groups at $*p<0.05$, $**p<0.01$, and $***p<0.001$ by Student's t -test. SC: sedentary control, EC: exercised control. CV: cucumber vinegar.

55.96% 유의적으로 증가된 운동시간을 보였다(Fig. 2). Kwon 등(23)은 지속적인 운동이 인슐린 민감성을 증가시키고 체중과 체지방을 감소시킨다고 하였으며 Cho 등(19)은 합초식초의 섭취가 항피로 효과를 갖는다고 보고하였다. 비록 본 결과에서 오이식초 음료의 섭취가 운동으로 인해 탈진한 흰쥐의 지구력을 강화시킬 수 있다고 하나, 이후 연구에서 지질 대사와 피로회복 효능의 관련성 및 피로회복 효능에 영향을 미치는 지표물질의 분석 등 심도 있는 연구가 요구될 것으로 생각된다.

혈중 피로물질 변화에 미치는 영향

세포내 산증이 젖산과 무기인산의 축적으로 인해 근육의 피로를 유발한다는 것은 이미 잘 알려진 사실이다. 고강도 운동 중 암모니아, 무기인산 및 젖산과 같은 피로에 관련된 물질이 체내에 축적되고 근육의 피로를 유발한다(7). 본 연구에서 CV군의 암모니아, 무기인산, 젖산의 수치는 각각 111.43 $\mu\text{g/mL}$, 0.499 mg/dL , 1.047 mM/mL 을 나타내었으며, 이는 EC군과 비교하였을 때 각각 42.65, 48.03 및 43.28% 더 낮은 수치를 보였다(Fig. 3). SC군과 EC군을 비교하였을 때, 혈청의 지표에서는 별다른 차이를 발견할 수 없었다. Wu 등(24)은 식초의 섭취가 운동 후 흰쥐의 혈중 젖산과 암모니아의 감소를 유의적으로 촉진시켰다고 보고하였으며 이는 본 연구에서 각종 유기산이 풍부한 오이식초음료를 섭취하였을 때 혈청 피로 물질의 감소를 통해 항피로 효과를 유도하였다는 결과와 유사하였다.

간 및 근육조직의 글리코겐 함량에 미치는 영향

신체적 피로는 운동 중 에너지 부족과 관련이 있다. 해당작용의 주원료인 간과 근육에 저장된 글리코겐은 에너지 생산을 위해 이용 가능한 자원으로 분류되므로 글리코겐의 양은 직접적으로 운동능력에 영향을 미친다고 볼 수 있다. Fig. 4A에서 보이는 바와 같이 EC군의 간 글리코겐의 함량은 SC군과 비교하였을 때 유의적으로 증가하였으며 근육 글리코겐의 함량은 증가하는 경향을 나타내었다. 반면에 EC군과 비교하여 CV군의 간 글리코겐 함량은 38.54% 유의적인 증가를 보였으며 비장간 글리코겐 함량은 17.11% 증가한 것을 관찰할 수 있었다(Fig. 4B). Waller 등(25)은 적절한 강도의 운동을 실시한 말에게 아세트산을 섭취시켰을 때 대조군과 비교하여 혈액 내 포도당 및 아세트산의 함량이 증가하였으며 근육 내 포도당 신생과정(gluconeogenesis)과 관련된 아세틸 CoA, 아세틸 카르니틴(acetylcarnitine) 수치가 증가한다고 보고하였다. Fushimi 등(26)은 고강도 운동 후 아세트산을 섭취한

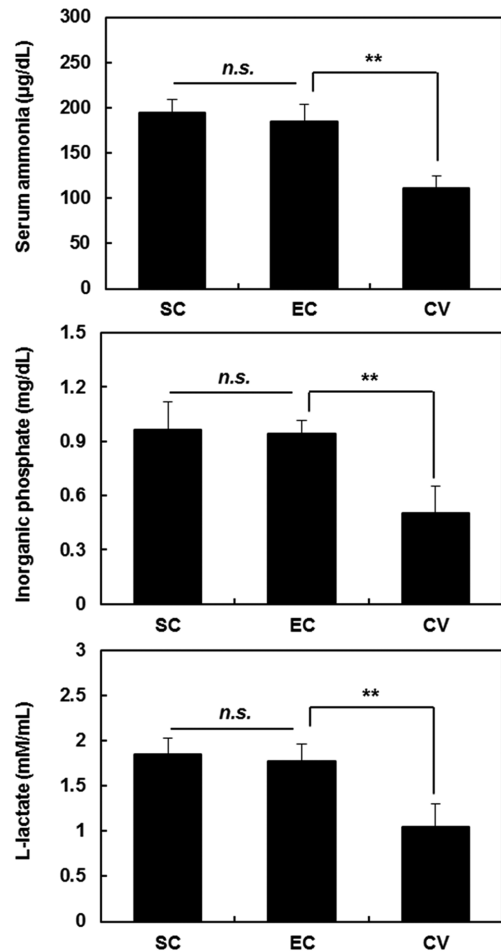


Fig. 3. Effects of cucumber vinegar on (A) serum ammonia, (B) inorganic phosphate, and (C) lactate in rats exhausted by exercise. Data values are expressed as means±SE ($n=5$). Significant differences were compared with groups at $*p<0.05$, $**p<0.01$, and $***p<0.001$ by Student's t -test. SC: sedentary control, EC: exercised control, CV: cucumber vinegar.

흰쥐의 간과 골격근에서 글리코겐 저장량이 증가된다고 보고하였다. 고강도 운동에 의해 체내 에너지가 고갈되었을 때 경구 투여된 아세트산은 위장관에서 혈관으로 빠르게 흡수되고 근육 및 간 조직에서 아세틸 CoA로 전환되어 포도당 신생과정에 영향을 미치며 결과적으로 글리코겐 축적을 증가시키는 것으로 보인다(25). 따라서 고강도 운동에 의해 에너지원이 고갈된 흰쥐에게 오이식초음료를 급여하였을 때 오이식초음료에 포함된 아세트산, 유기산 및 무기질 등이 체내에서 대사되어 글리코겐의 축적을 증가시키는 것으로 사료된다.

근육 내 LDH 및 CK 활성에 미치는 영향

LDH는 NADH와 NAD⁺의 부수작용에 따라 젖산에서 피루브산으로의 전환에 관여하는 효소이다(27). 이렇게 전환된 피루브산은 해당과정에서 재사용되며 체내 에너지를 생성하거나 남은 것은 글리코겐으로 저장된다. 고강도 운동 시 LDH 효소에 의해 젖산의 대사가 활성화되고 체내 에너지 생성이 증가한다(28). Fig. 5A에 보이는 바와 같이 EC군의 LDH 수치가 SC군 보다 41.99% 유의적으로 높게 나타났다. CV군의 LDH 수치는 EC군과 비교하였을 때 28.78% 유의적인 증가를 보였다. 따라서 오이식초음료의 섭취가 고강도 운동을 실시한 흰쥐에서 혈청 젖산 수치의 감

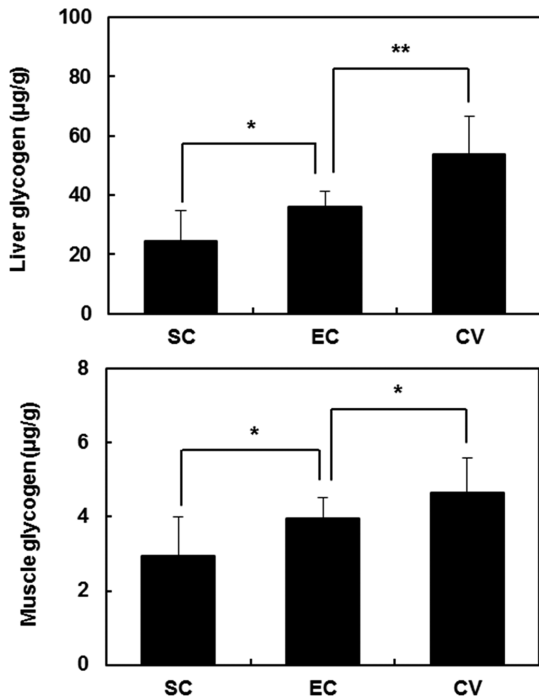


Fig. 4. Effects of cucumber vinegar on (A) liver and (B) muscle glycogen accumulation in rats exhausted by exercise. Data values are expressed as means±SE (n=5). Significant differences were compared with groups at *p<0.05, **p<0.01, and ***p<0.001 by Student's *t*-test. SC: sedentary control, EC: exercised control, CV: cucumber vinegar.

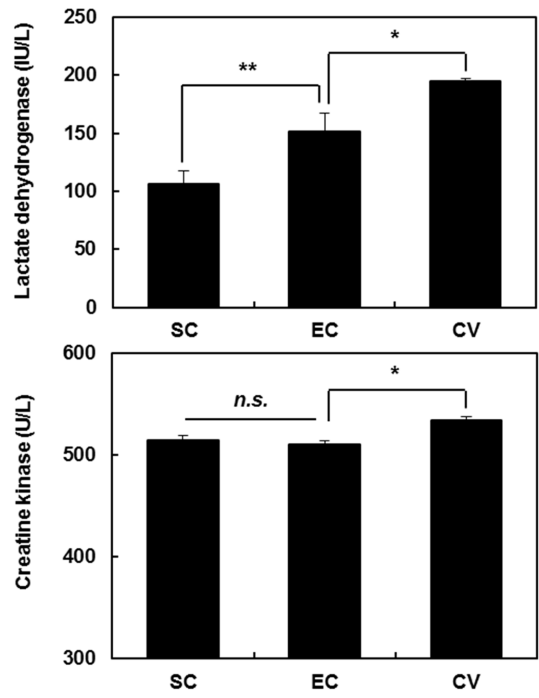


Fig. 5. Effects of cucumber vinegar on (A) lactate dehydrogenase and (B) creatine kinase activities in rats exhausted by exercised. Data values are expressed as means±SE (n=5). Significant differences were compared with groups at *p<0.05, **p<0.01, and ***p<0.001 by Student's *t*-test. SC: sedentary control, EC: exercised control, CV: cucumber vinegar

소를 통해 근육 세포 내 젖산의 대사 증가를 유도하여 피로를 예방한다는 것을 시사한다.

CK는 ADP를 ATP로 전환하는 에너지 생성반응과정에서 촉매로 작용하는 효소로서 고에너지 소비 시에 신속하게 ATP를 생성할 수 있도록 촉매 반응을 유도하여 운동능력 향상에 기여한다(29-31). Fig. 5B에서는 SC군의 CK 함량은 514.85 U/L이었으며 EC 군에서의 CK 함량은 509.83 U/L로 SC군과 비교하여 유의적인 차이를 보이지 않았다. 반면 EC군과 비교하였을 때 CV군에서는 4.74% 유의적으로 증가된 수치를 나타내었다. 따라서 고강도 운동을 실시한 흰쥐에서 오이식초음료에 의한 항피로효능은 LDH에 의한 젖산대사의 촉진 및 CK에 의한 ATP의 생성과 관련이 있는 것으로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 잉여 농산물인 오이를 이용하여 제조한 식초음료의 항피로 효과를 검증하기 위하여 고강도 운동을 실시한 흰쥐에 오이식초음료를 매일 섭취시켜 지구력, 혈청 피로물질, 간과 근육 조직 내 글리코겐 함량, 근육 내 LDH 및 CK 등의 변화를 살펴보았다. 실험동물은 4주령의 수컷 SD계 흰쥐 15마리를 1주간 고형식으로 적응시킨 후 난괴법에 의하여 비운동군(SC), 운동군(EC), 오이식초 섭취군(CV)으로 나누었다(n=5). CV는 사람의 하루 섭취량을 기준으로 체중 kg당 7mL씩 매일 일정시간에 경구투여 하였고 나머지 그룹은 동량의 증류수를 투여하였다. EC와 CV는 매일 일정한 시각에 트레드밀을 이용하여 분당 15m로 20분, 분당 20m로 30분, 분당 25m로 60분씩 운동을 일주일에 5회 실시하였다. 식이섭취량과 식이효율에서는 그룹 간의

별다른 차이가 나타나지 않았으며 CV군의 신장 무게가 SC군보다 낮았다. 지구력 측정에서 CV가 EC보다 55.96% 더 높은 지구력을 가진 것으로 측정되었고 혈청 피로물질은 CV가 EC보다 현저히 낮은 경향을 보였다. 간과 근육의 글리코겐 함량은 CV가 다른 두 군보다 높은 수치를 나타내어 오이식초음료의 섭취에 따라 간과 근육에서의 글리코겐 재합성이 증가된 것을 확인하였으며 근조직의 LDH와 CK 측정 결과 CV와 EC를 비교하였을 때 CV에서 증가된 수치를 보였다. 이와 같이 고강도 운동으로 훈련을 실시한 흰쥐는 오이식초음료의 섭취에 의해 지구력 증진과 혈중피로물질의 감소, 간과 근육에서의 글리코겐 재합성, ATP 수치의 유지 및 젖산 대사 촉진과 같은 항피로 효과를 나타내었으므로 본 연구의 결과가 오이식초를 이용한 스포츠드링크 개발에 도움이 될 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 순천천연물의약소재개발연구센터의 연구비 지원에 의해 수행된 결과이며 이에 감사드립니다(과제번호:2013-0115).

References

- Kim YA, Jin SW, Kim SM, Lee GH, Kim SJ, Lee WL, Na MK, Jeong HG. Anti-fatigue effect of kyung-ok-ko. *Kor. J. Pharmacogn.* 47: 258-263 (2016)
- Afari N, Buchwald D. Chronic fatigue syndrome: A review. *Am. J. Psychiatry* 160: 221-236 (2003)
- Xu C, Lv J, Lo YM, Cui SW, Hu X, Fan M. Effects of oat β-glucan on endurance exercise and its anti-fatigue properties in trained rats. *Carbohydr. Polym.* 92: 1159-1165 (2013)

4. Jin JK, Lee DT, Lee MC. Exercise and lactate shuttle. *Heal. Sport. Med.* 8: 85-92 (2006)
5. Passarella S, de Bari L, Valenti D, Pizzuto R, Paventi G, Atlante A. Mitochondria and L-lactate metabolism. *FEBS Lett.* 582: 3569-3576 (2008)
6. Gladden LB. Lactate metabolism: A new paradigm for the third millennium. *J. Physiol.* 558: 5-30 (2004)
7. Robergs RA, Ghiasvand F, Parker D. Biochemistry of exercised-induced metabolic acidosis. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 287: R502-R516 (2004)
8. Ishii H, Nishida Y. Effect of lactate accumulation during exercise-induced muscle fatigue on the sensorimotor cortex. *J. Phys. Ther. Sci.* 25: 1637-1642 (2013)
9. Cho HS. *Food materials.* Monwundang press, Seoul, Korea. p. 162 (1993)
10. Kim DS, Park JH, Nam SN, Kim JH. The effect of the intake of *Cucumis sativus* on the hormone of water control during the prolonged exercise. *Exer. Sci.* 16: 213-222 (2007)
11. Kumar D, Kumar S, Singh J, Narender, Rashmi, Vashistha B, Singh N. Free radical scavenging and analgesic activities of *Cucumis sativus* L. fruit extract. *J. Young Pharm.* 2: 365-368 (2010)
12. Chung SH, Moon SH. Antimutagenic and antimicrobial effect of cucumber (*Cucumis sativus*) extractions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 1164-1170 (2001)
13. Shim YH, Yoo CH, Cha GH. Quality changes of *ojji* with various antimicrobial ingredients during fermentation. *Korean J. Food Cook. Sci.* 17: 329-337 (2001)
14. Oh YA, Lee MJ, Kim SD. Changes in pectic substances during ripening of salted cucumber pickle. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 19: 143-150 (1990)
15. Jeoung YJ, Lee MH. A view and prospect of vinegar industry. *Food Ind. Nutr.* 5: 7-12 (2000)
16. Setorki M, Asgary S, Eidi A, Rohani AH, Khazaei M. Acute effects of vinegar intake on some biochemical risk factors of atherosclerosis in hypercholesterolemic rabbits. *Lipids Health Dis.* 9: 10 (2010)
17. Kondo T, Kishi M, Fushimi T, Ugajin S, Kaga T. Vinegar intake reduces body weight, body fat mass, and serum triglyceride levels in obese Japanese subjects. *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 73: 1837-1843 (2009)
18. Sakakibara S, Yamauchi T, Oshima Y, Tsukamoto Y, Kadowaki T. Acetic acid activates hepatic AMPK and reduces hyperglycemia in diabetic KK-A(y) mice. *Biochem. Biophys. Res. Commun.* 344: 597-604 (2006)
19. Cho HD, Lee JH, Jeong JH, Kim JY, Yee ST, Park SK, Lee MK, Seo KI. Production of novel vinegar having antioxidant and anti-fatigue activities from *Salicornia herbacea* L. *J. Sci. Food Agric.* 96: 1085-1092 (2015)
20. Kwon SH, Jeong EJ, Lee GD, Jeong YJ. Preparation method of fruit vinegars by two stage fermentation and beverages including vinegar. *Food Ind. Nutr.* 5: 18-24 (2000)
21. Hong SM, Moon HS, Lee JH, Lee HI, Jeong JH, Lee MK, Seo KI. Development of functional vinegar by using cucumbers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 41: 927-935 (2012)
22. Kim DH, Kim KT, Lee KK. The effect of drinking the plum extract on the college soccer players' cardiovascular system and blood lactate. *Korea J. Sport Sci.* 24: 1381-1391 (2015)
23. Kwon SM, Park HG, Jun JK, Lee WL. Exercise, but not quercetin, ameliorates inflammation, mitochondrial biogenesis, and lipid metabolism in skeletal muscle after strenuous exercise by high-fat diet mice. *J. Exerc. Nutr. Biochem.* 18: 51-60 (2014)
24. Wu BA, Wang RW, Nei TY. Effects of vinegar supplement on indexes of blood lactic acid, blood ammonia and blood gas during recovery of exercise fatigue. *J. Wuhan. Ins. Physic. Educ.* 41: 47-50 (2007)
25. Waller AP, Geor RJ, Spriet LL, Heigenhauser GJ, Lindinger MI. Oral acetate supplementation after prolonged moderate intensity exercise enhances early muscle glycogen resynthesis in horses. *Exp. Physiol.* 94: 888-898 (2013)
26. Fushimi T, Tayama K, Fukaya M, Kitakoshi K, Nakai N, Tsukamoto T, Sato Y. Acetic acid feeding enhances glycogen repletion in liver and skeletal muscle of rats. *J. Nutr.* 131: 1973-1977 (2001)
27. Adeva-Andany M, Lopez-Ojin M, Funcasta-Caldern R, Ameneiros-Rodriguez E, Donapetry-Garcia C, Vila-Altesor M, Rodriguez-Seijas J. Comprehensive review on lactate metabolism in human health. *Mitochondrion* 17: 76-100 (2014)
28. Juel C, Klarskov C, Nielsen JJ, Krstrup P, Mohr M, Bangsbo J. Effect of high-intensity intermittent training on lactate and H⁺ release from human skeletal muscle. *Am. J. Physiol. Endocrinol. Metab.* 286: E245-E251 (2004)
29. Walliamann T, Wyss M, Brdiczka D, Nicolay K, Eppenberger HM. Intracellular compartmentation, structure and function of creatine kinase isoenzymes in tissues with high and fluctuating energy demands: The 'phosphocreatine circuit' for cellular energy homeostasis. *Biochem. J.* 281: 21-40 (1992)
30. Siebert C, Kolling J, Scherer EB, Schmitz F, da Chunha MJ, Mackedanz V, de Andrade RB, Wannmacher CM, Wyse AT. Effect of physical exercise on changes in activities of creatine kinase, cytochrome c oxidase and ATP levels caused by ovariectomy. *Metab. Brain Dis.* 29: 825-835 (2014)
31. Volek JS, Kraemer WJ, Bush JA, Boetes M, Incledon T, Clark KL, Lynch JM. Creatine supplementation enhances muscular performance during high-intensity resistance exercise. *J. Am. Diet. Assoc.* 97: 765-770 (1997)