

감식초를 활용한 기능성 음료로서의 혈중 지질 농도 감소와 운동기능성 증대 가능성 검토

서효빈¹ · 송영주² · 강준용² · 권대근² · 김판기³ · 류승필^{1*}

¹경북대학교 레저스포츠학과, ²선문대학교 스포츠과학부,

³경북대학교 생태환경시스템학부

The Study of Persimmon Vinegar as a Functional Drink on Reduce Blood Lipids and Enhance Exercise Performance

Hyobin Seo¹, Youngju Song², Jun-Yong Kang², Dae-Keun Kwon²,
Pan-Gi Kim³ and Sunpil Ryu^{2*}

¹Department of Leisure Sports, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

²Division of Sports Science, Sunmoon University, Asan 336-708, Korea

³School of Ecological & Environmental Systems, Kyungpook National University, Sangju 742-711, Korea

요약: 감식초의 섭취가 지질대사와 글리코겐저장 능력향상 및 기능성음료로서의 가능성을 검토하였다. 본 연구는 6주령 SD계 수컷 흰쥐 32마리를 대상으로 CONT(고지방식이 대조군), ACON(고지방식이+증류수 투여), PV2.5(고지방식이 + 감식초 2.5배 희석), PV5.0(고지방식이 + 감식초 5배 희석)으로 구분하였다. 각 집단간 체중에는 유의한 차이가 나타나지 않았으나 복강내 지방, 고환지방에서는 PV2.5군과 PV5.0군에서 유의하게 낮게 나타났다. 혈액성분변화에서 글루코스는 유의한 차이가 없었으며, TC, LDL-C, TG에서 PV2.5군과 PV5.0군이 유의하게 낮았고, HDL-C은 PV2.5군에서 통계적으로 유의하게 높게 나타났다. 근육과 간의 글리코겐 함량에서는 PV2.5군과 PV5.0군에서 유의하게 높은 저장량을 나타내었다. 이상의 결과 감식초의 섭취는 혈중 지질 억제와 함께 운동시 필요한 글리코겐의 저장능력을 향상시켜 운동수행능력이 증가할 수 있음을 시사하고 있어 다양한 접근이 가능한 기능성 음료로서의 가능성을 제시하고 있다.

Abstract: This study was performed to find out the persimmon vinegar as a functional drink on reducing blood lipids and enhancing exercise performance. For these, thirty two Sprague-Dawley male rats were divided into 4 groups; control (CONT), water placebo with high fat diet control (ACON), high fat diet with 2.5 times diluted persimmon vinegar ingestion (PV2.5), and high fat diet with 5.0 times diluted persimmon vinegar ingestion (PV5.0). Body weight was not different. Abdominal fat pads were statistically reduced in PV2.5 and PV5.0 compared to CONT and ACON. Blood glucose was not significant but TC, LDL-C and TG were lower in PV2.5 and PV5.0 than other groups, and HDL-C in PV2.5 was the highest among groups. Glycogen contents in the muscle and liver were higher in PV2.5 and PV5.0 compared to CONT and ACON. These results suggested that persimmon vinegar ingestion may inhibit the blood lipids increase and increase glycogen storage which possibly enhancing exercise performance. Therefore, persimmon vinegar has the possibility as the functional drink.

Key words : persimmon vinegar, blood lipids, glycogen, exercise performance, functional drink

서 론

최근 건강에 대한 관심이 증대하면서, 기능성 식품을 통한 운동수행능력의 증대 및 건강증진과 피로회복 등에 관한 연구와 활발히 진행되고 있으며 특히, 천연식품을 이

용한 발효식품의 활용이 다양하게 접근되고 있다.

감식초는 옛날부터 발효식품으로 피로회복, 숙취제거, 정장작용 등의 민간요법으로 이용되어 왔다(정용진 등, 1999). 최근 건강지향성 식품으로 감식초는 과실식초로 다양하게 조제되어 소비가 증가하고 있다. 특히 감식초 내에 함유된 유기산류로는 oxalic acid, malic acid, lactic acid, citric acid, succinic acid, glutaric acid 등이 있으며

*Corresponding author
E-mail: ryusp@knu.ac.kr

(김미경 등, 1994), 총 9종의 필수아미노산이 함유되어 있다(김귀란, 2010). 식초 또는 초산 섭취에 의한 관련 연구로서 고�혈압예방(Sugiyama *et al.*, 2003), 항비만 및 항당뇨 효과(Yamashita *et al.*, 2007), 칼슘흡수의 증대(장세영 등, 2005), 글리코겐 저장능력 향상(Fushimi *et al.*, 2001) 등이 보고되고 있다.

초산류인 KCL(Kurozu concentrated liquid)에 의하여 생체 내 aP2와 PPAR mRNA발현의 억제되어 지방세포의 신생합성을 억제시키고(Tong *et al.*, 2010), 혈청과 간의 지질, 지방세포 크기를 감소시킨다. 또한 식초에 함유되어 있는 초산의 섭취는 중성지방과 콜레스테롤을 감소시키고(Fushimi *et al.*, 2006), 하루 2 큰술의 식초는 고�혈당증의 예방 및 개선하여 줄 보충식품이라고 알려져 있다(Mitrou *et al.*, 2010). 감식초를 농축시킨 음료는 비만해소를 위한 긍정적인 방법이며(김기진 등, 1997), 초산의 섭취에 의한 PPAR-d의 활성 증대는 비만을 예방하고, 대사증후군과 대사증후군으로 인한 심혈관질환을 예방할 수 있다(Yue *et al.*, 2008).

한편, 근육 글리코겐의 고갈은 지구성운동과 고강도 운동 중 피로와 연결되어 있기 때문에, 강한 운동수행능력에 중요한 작용을 한다(Waller *et al.*, 2009). Prats *et al.* (2009)은 강한 운동 후 저장 글리코겐의 함량은 고강도 운동을 수행하는 경우에 약 75%가 감소하는데, 이때 글리코겐 함량을 결정짓는 것은 glycogen synthase와 phosphorylase 활성 사이에서의 결과물이라 보고하고 있다. 고강도의 장시간 지구성 운동시 나타나는 글리코겐의 고갈은 운동수행능력을 꾸준히 지속할 수 없을 뿐만 아니라 인체의 에너지 효율이 저하되기 때문에 운동 전에 골격근과 간의 글리코겐 저장량을 증가시켜 최적의 경기력을 향상시키려는 연구는 매우 오래 전부터 진행되어 왔다(Shabadashi, 1945). 또한, 글리코겐을 절약하여 사용하고자 하는 영양보조물의 활용 즉, 카페인(Ryu *et al.*, 2001), 캡사이신(Lim *et al.*, 1997) 현미식초(Song and Ryu, 2010) 등의 연구가 최근까지 진행되고 있다. 이처럼 운동 시 중요한 에너지원으로서 글리코겐은 경기력과 밀접한 관계가 있어 많은 관련 연구자들의 주목을 받고 있다. 본 연구에서 접근한 감식초에 다량 함유되어 있는 초산의 섭취 시간에서는 당신생의 활성화와 해당과정을 통한 G-6-P(Glucose-6-Phosphate)를 우선 이용하여 글리코겐을 저장보존시키고, 근육에서는 당신생을 억제하여 G-6-P를 축적시키며(Fushimi *et al.*, 2001), 김기진 등(1997)은 감식초의 섭취가 운동능력향상과 피로회복 및 피로방지에 효과가 있음을 사람실험을 통하여 연구보고 하였고, 최대부하의 운동 전 dichloroacetate의 섭취는 혈중젖산 및 암모니아의 축적을 감소시킨다(Calvert *et al.*, 2008). 또한 malonyl-CoA 증가의 억제와 글리코겐 회복 촉진(Fushimi and Sato,

2005) 등의 효과로 인하여 운동 후 글리코겐 저장량의 회복에도 효과가 있는 것으로 판단된다.

이상과 같이 식초와 초산의 섭취가 글리코겐의 증대와 피로회복촉진 및 항비만에 효과에 관한 연구는 현재도 진행되고 있지만 과실식초의 섭취에 관한 연구는 더욱 필요하다고 할 수 있다. 특히 감식초는 임업 부산물로서 고부가가치를 추구하기 위하여 활용도를 증대시키기 위한 다양한 접근은 임업 종사자들의 수익창출에 도움을 줄 수 있을 것이며, 또한 적절한 섭취량 조절에 있어서도 직접적인 영양물질의 양에 관련되기 때문에 검토해야 한다고 생각된다. 따라서 본 연구에서는 최근 발효음료로서의 식초 음료의 판매량이 증가 하고 있는 현재, 감식초를 이용하여 항비만 및 혈중지질과 글리코겐의 저장량에 미치는 영향을 알아봄으로써 감식초가 가질 수 있는 기능성 음료로서의 가능성을 알아보하고자 한다.

재료 및 방법

1. 실험동물의 사육 및 군의 분류

본 연구는 6주령의 SD계(Sprague-Dawley) 수컷 흰쥐 32마리를 4주간 고지방식이 대조군(Control: CONT; high-fat diet group, n=8), 고지방식이 및 증류수 투여군(ACON: high-fat diet with distilled water administered group, n=8), 고지방식이 및 감식초 2.5배 희석 투여군(PV2.5: high-fat diet with 2.5 times diluted persimmon vinegar administered group, n=8), 고지방식이 및 감식초 5배 희석 투여군(PV5.0: high-fat diet with 5 times diluted persimmon vinegar administered group, n=8)으로 분류하여 사육하였다. 1주간 환경적응을 위하여 본 실험 전에 고형 배합사료로 1주일간 예비사육을 실시하였으며, cage 당 2마리씩 사육하였다. 사육실 내부 환경온도는 23-25°C, 상대습도는 60% 내외를 유지하였고, 환풍기를 24시간 가동하여 공기를 순환시켰다. 사육실의 명암 사이클은 오전 8시부터 오후 8시까지 암기로 하여 쥐가 활동을 할 수 있도록 하였고, 오후 8시부터 익일 오전 8시까지를 명기로 하여 쥐가 수면을 취할 수 있도록 조명을 자동 조절하였다.

2. 식이 조성 및 음료섭취

본 연구에서 사용한 식이는 AIN-76을 기준으로 지방은 corn oil을 lard로 치환하여 지방함량을 35%로 증가시킨 고지방식을 사용하였다. 또한 음료는 CONT군에게는 수돗물을 자유 섭취하도록 하였으며, ACON군은 증류수, PV2.5는 2.5배 희석된 감식초, PV5.0은 5배 희석된 감식초를 각각 1 mL씩 경구투여 하였다. 감식초는 경상북도 상주시에서 세라믹 용기에서 자연상태에서 4년간 숙성 후 생산된 사용하였다.

3. 식이 및 체중측정 방법

사육기간 중의 식이섭취량은 1일 1회, 체중은 1주일에 1회씩 지정된 시간에 측정하였다. 식이효율(food efficiency ratio: FER)은 실험기간동안의 체중 증가량에서 총식이섭취량을 나눈 수치를 계산 (1)하여 나타내었다.

$$FER = (\text{증가한 체중량/사료섭취량}) \times 100 \quad (1)$$

4. 샘플채취 및 생화학분석 방법

본 실험이 종료된 4주간의 사육 후 희생 전일 12시간 이상의 공복을 유지한 상태에서 에테르를 이용하여 마취하였다. 마취가 확인 된 후 개복하였고 주사기를 좌심실에 탐침하여 혈액을 채혈한 다음 부고환 지방과 복막 후지방, 간장 및 하지의 골격근을 적출하였다. 혈액성분을 분석하기 위하여 혈액을 700×g에서 15분간 원심분리(한일과학, 대한민국)하여 혈청을 분리한 후에 마이크로 튜브에 상층액을 분리한 후 -70°C의 초저온냉동고(일신과학, 대한민국)에 분석 시까지 보관하였다.

1) 혈액성분 분석

총 콜레스테롤(total cholesterol: TC), 중성지방(triglyceride: TG), 고밀도지단백콜레스테롤(high density lipoprotein-cholesterol: HDL-C), 그리고 글루코스 농도는 효소법에 의한 정량용 분석 키트(아산제약, 대한민국)를 이용하여 분광광도계(UV-mini-1240 spectrophotometer, Shimadzu, Japan)를 사용하여 흡광도를 분석시약에 동봉된 계산식을 이용하여 산출하였다. 저밀도지단백콜레스테롤(low density lipoprotein-cholesterol: LDL-C)은 아래의 계산 식 (2)에 의해 산출하였다(Friedwald *et al.*, 1972).

$$LDL-C = TC - (TG / 5 + HDL-C) \quad (2)$$

2) 글리코겐 분석

총 글리코겐 농도는 간장, 비복근을 이용하여 Passonneau and Lauderdale(1974)의 방법으로 분석하였다. 약 10 mg의 근육샘플에 2 M의 Hcl 500 µL를 첨가한 후 98°C의 항온 수조에 약 2시간 동안 배양시켰다. 그 후 모든 샘플에 0.67 M의 NaOH 1.5 mL을 첨가하여 중화 시킨 후 hexokinase와 glucose-6-phosphate dehydrogenase를 첨가하여 fluorescence를 이용하여 excitation 365 nm와 emission 455 nm에서 NADPH의 반응을 통하여 흡광도(UV-mini-1240 spectrophotometer, Shimadzu, Japan)를 이용하여 340 nm에서 측정하였다.

4. 통계처리

연구결과의 데이터는 Windows용 통계프로그램 SPSS/PC+ 18.0을 이용하였으며, 모든 실험 결과는 평균과 표준

Table 1. Composition of experimental diets. (g/kg)

Ingredients	High fat diet
Casein	200
Starch	200
Sucrose	150
Lard	350
Vit. Mix (AIN-76)	10
Mineral mix (AIN-76)	35
Cellulose	50
D.L-methionine	3
Choline barbiturate	2
D.L-α-tocopherol	1.2

편차(n=32)로 나타내었다. 각 그룹의 유의성 검증을 위하여 일원변량분석(one-way ANOVA)을 실시하였으며, 유의한 차이가 나타난 항목에 대해서는 LSD법으로 사후검정을 실시하였다. 통계적 유의한 차이는 p<.05로 설정하였다.

결 과

1. 체중의 변화

4주간의 감식초 섭취에 의한 체중의 변화는 Figure 1과 같다. 체중은 각 시기별로 실험시작과 실험 4주후를 비교 하였을 때 통계적으로 유의한 차이는 없었으나 CONT와 ACON에 비하여 PV2.5와 PV5.0에서 체중이 감소하는 경향을 보였다.

2. 식이효율 및 지방량의 변화

식이효율 및 지방량의 변화는 Table 2와 같다. 식이효율에서는 통계적으로 유의한 차이는 나지 않았으나 PV2.5, PV5.0에서 낮은 경향을 나타내었고, 저장 지방량은 복강 내지방과 고환지방 모두 CONT과 ACON에 비하여 PV2.5, PV5.0이 통계적으로 유의하게 낮았다(p<.05).

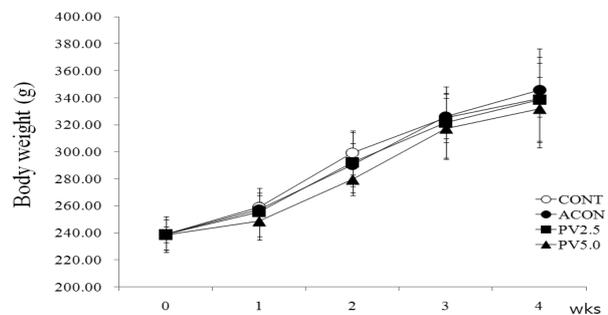


Figure 1. Changes of body weight during experimental periods. Data are mean±SD (n=32). CONT: control group; ACON: administration control group; PV2.5: 2.5 times diluted persimmon vinegar administration group; PV5.0: 5.0 times diluted persimmon vinegar administration group.

Table 2. Differences of the weight related factors.

Items	CONT	ACON	PV2.5	PV5.0	F	p
FER (%)	0.36 ± 0.03 ^a	0.34 ± 0.06 ^a	0.31 ± 0.04 ^a	0.30 ± 0.04 ^a	2.780	.060
Body weight gain (g)	100.84 ± 10.32 ^a	106.95 ± 11.33 ^a	99.69 ± 9.79 ^a	93.14 ± 11.02 ^a	3.140	.054
Abdominal fat tissue (g)	5.36 ± 0.46 ^a	5.58 ± 0.79 ^a	4.23 ± 0.50 ^b	4.20 ± 0.35 ^b	14.149	.000
Epididymal fat tissue (g)	5.59 ± 0.51 ^a	5.31 ± 0.57 ^a	4.46 ± 0.51 ^b	4.49 ± 0.42 ^b	10.275	.000

Data are mean±SD (n=32). FER: food efficiency ratio; CONT: control group; ACON: administration control group; PV2.5: 2.5 times diluted persimmon vinegar administration group; PV5.0: 5.0 times diluted persimmon vinegar administration group; different superscript means significant within row at $p < .05$, respectively.

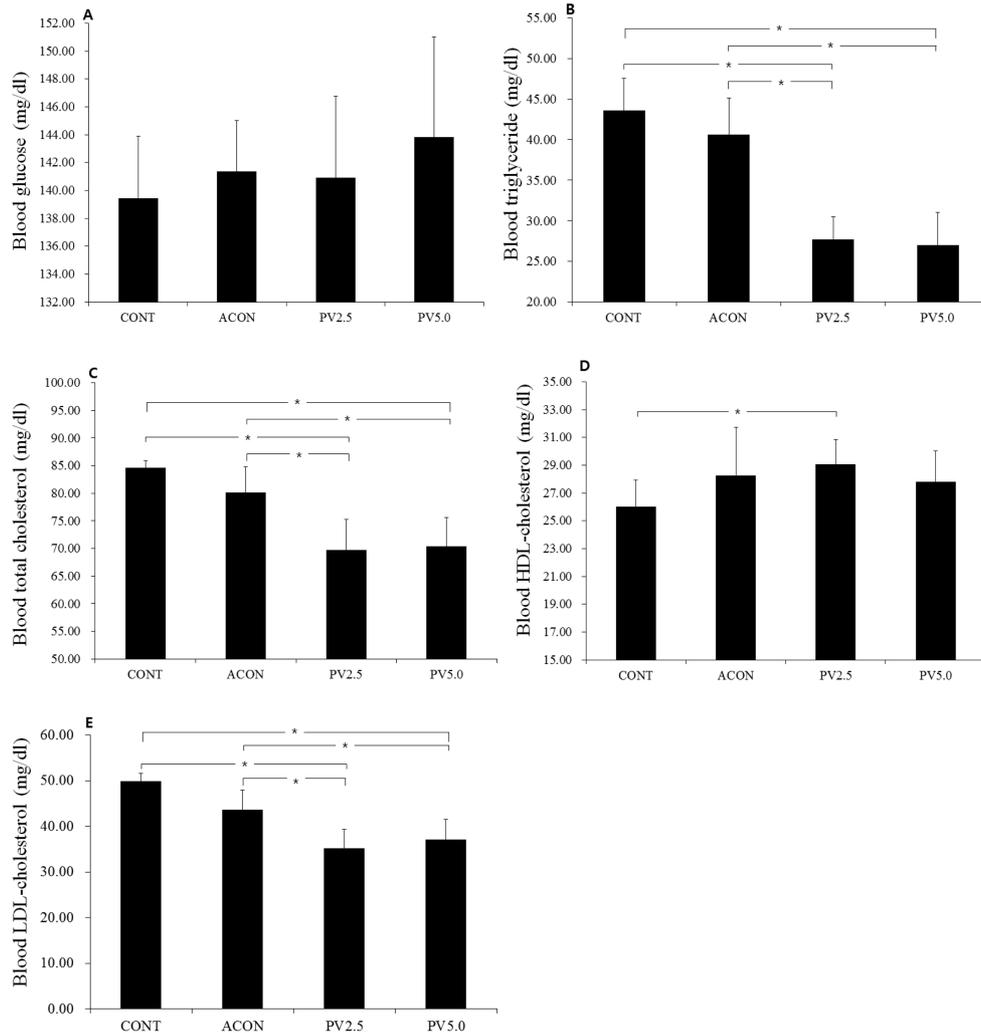


Figure 2. Changes of blood component in each group. Data are mean±SD (n=32). Glucose (A); triglyceride (B); total cholesterol (C); high-density cholesterol (D); low-density cholesterol (E); CONT: control group; ACON: administration control group; PV2.5: 2.5 times diluted persimmon vinegar administration group; PV5.0: 5.0 times diluted persimmon vinegar administration group; * $p < .05$.

3. 혈액성분의 변화

혈액성분의 변화는 Figure 2와 같다. 글루코스는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으나 PV5.0에서 높게 나타나는 경향을 보였다. 혈중 TG는 CONT와 ACON에 비하여 PV2.5와 PV5.0이 통계적으로 유의하게 낮았고 ($p < .05$), 혈중 TC는 CONT와 ACON에 비하여 PV2.5와 PV5.0이 유의하게 낮았다($p < .05$). 또한, LDL-C 역시

PV2.5와 PV5.0이 유의하게 낮았다($p < .05$). HDL-C는 CONT에 비해 PV2.5이 유의하게 높았다($p < .05$).

4. 글리코겐함량의 변화

글리코겐 함량의 변화는 Figure 3과 같다. 간과 근육에서 글리코겐 함량은 CONT와 ACON에 비해 PV2.5군과 PV5.0군에서 통계적으로 유의하게 높은 것으로 나타났다($p < .05$).

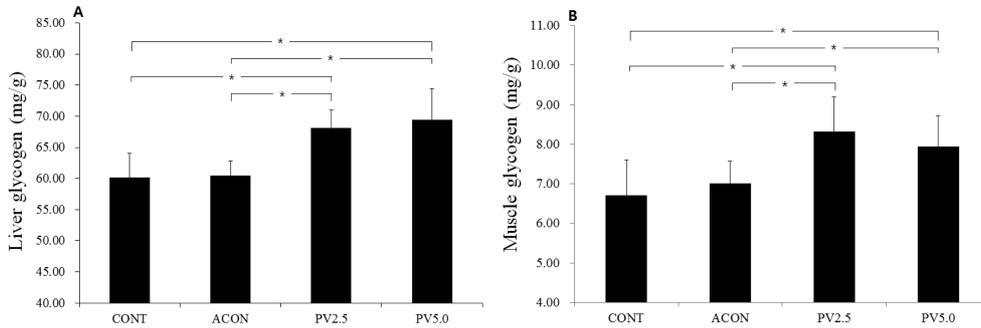


Figure 3. Changes of muscle glycogen in each group. Data are mean±SD (n=32). Liver glycogen (A); muscle glycogen (B); CONT: control group; ACON: administration control group; PV2.5: 2.5 times diluted persimmon vinegar administration group; PV5.0: 5.0 times diluted persimmon vinegar administration group; *p<.05.

고 찰

본 연구는 기능성음료로서의 감식초의 다양한 활용도에 접근하기 위하여 감식초 섭취에 의한 혈중지질 및 간과 근육의 글리코겐 저장량에 미치는 영향에 대하여 연구하였다. 이를 위하여 6주령의 SD계 수컷 흰쥐 32마리를 이용하여 고지방식이 대조군(CONT), 고지방식이 및 증류수 투여군(ACON), 고지방식이 및 2.5배 희석한 감식초 투여군(PV2.5), 고지방식이 및 5배 희석한 감식초 투여군(PV5.0)으로 각각 8마리씩 분류하여 연구를 수행하였다. 본 연구에서 사용한 4년 숙성된 감식초는 본 연구팀이 조사한 결과, 1년 숙성된 감식초에 비하여 초산 함량이 약 3배 정도가 증가되는 것으로 나타났다(보고서 작성 중).

본 연구에서 체중의 변화는 없었으나, 복강 내 지방과 부고환지방에서 PV2.5와 PV5.0에서 유의하게 나타났다. 이는 흑초(Kurozu)가 3T3-L1 세포에 adipocyte의 비대를 억제하는데 생체 내 aP2와 PPAR mRNA발현의 억제에 의해 지방세포를 감소시킨다는 결과(Tong *et al.*, 2010)와 초산의 섭취에 의해 갈색지방조직의 지방합성이 억제되어 AMP-activated protein kinase를 활성화시켰고, 지방세포의 지질합성을 감소시킨다(Yamashita *et al.*, 2009)는 결과에서 그 유의성을 찾을 수 있다. 또한 식초의 주성분인 초산의 섭취에 의하여 인체의 탄수화물 에너지 저장율을 증가시키고 동시에 지방의 산화를 가져와 체중 및 체지방이 감소한다(Hattori *et al.*, 2010)는 연구결과 역시 보고된다. 본 연구에서도 초산이 다량 함유되어 있는 감식초의 섭취에 의하여 즉 에너지 효율을 증가시키고, 지질 합성을 억제하여 비만예방에 효과가 있을 것이라는 가정으로 진행한 결과, 체중과 사료효율에는 변화가 나타나지 않았으나, 저장 지방량의 유의한 감소를 발견할 수 있었다(Table 2). 이는 감식초 섭취에 의하여 체중의 변화가 나타나지 않음에도 불구하고 선택적으로 지방이 감소를 초래하였다는 것으로서 체지방 감량시 효과적인 기능성 음료로서의 효과를 보여준다고 생각된다. 이와 유사하게 김기진 등(1997)

의 감식초에 함유된 다양한 유기산이 저장된 잉여에너지원의 이용이 증대된다는 보고와, 현미식초 섭취에 의하여 중등도 운동 중 호흡교환율이 전반적으로 낮게 나타나며, 동시에 지방산화량이 유의하게 증가한다(류승필과 권태동, 2009). 이는 Bergouignan *et al.*(2008)이 제시하고 있는 체내 초산의 양이 증가할수록 기초대사량이 증가하며 이는 대부분 지방산화에 의존한다고 하여 본 연구에서 나타난 저장지방량을 감소시킨 결과를 일부 설명할 수 있을 것이라 사료된다.

한편, 본 연구의 혈액성분변화에서 글루코스(Figure 2A)는 통계적으로 유의한 차이는 나지 않았으며, 식사 2분 후 식초를 섭취하였다더라도 식후 60분 후엔 글루코스의 농도는 유의한 차이가 나지 않았다는 결과(Johnston *et al.*, 2004)와 초산이 탄수화물의 산화를 억제시킨다는 연구의 결과(Smith *et al.*, 2007; Fushimi and Sato, 2005)를 볼 때, 감식초 섭취에 의해서 글루코스 농도에는 큰 영향을 미치지 못하는 것으로 사료된다. 실제로 류승필과 권태동(2009)의 연구에서는 현미식초를 섭취한 후 중등도 운동 강도의 장시간 지구성 운동 시에도 글루코스 농도의 유의한 변화가 없다는 결과를 발견한 바 있다. 이에 반하여 혈중 지질에서는 몇 가지 항목에서 감식초 섭취에 의하여 유의한 변화가 나타났는데, Setorki *et al.*(2010)은 설치류를 활용한 연구에서 일일 10 mL의 식초섭취에 의하여 TC, TG, LDL-C를 감소시키고 동시에 HDL-C가 증가하는 경향을 보였으며, 또 다른 연구에서 여성들에게 하루에 초산이 750 mg 혹은 1,500 mg 함유되어 있는 사과식초 500 ml를 섭취시켰을 때 실험 4주부터 12주에 도달할 때까지 혈중 TG가 감소하였고, 혈중 TC는 12주, LDL-C는 250 ml를 섭취하였을 때 각각 4주, 8주에 감소하였으며, HDL-C는 증가하지 않은 것으로 보고하였다(Kondo *et al.*, 2009). 이는 초산이 AMPK(5' adenosine monophosphate-activated protein kinase)를 활성화시켜 malonyl-CoA의 감소를 유도하여 결과적으로 지질의 합성이 억제되었다고 언급하고 있다. 본 연구에서도 감식초 섭취에 의하여 TG,

TC, 그리고 LDL-C의 경우에 PV2.5와 PV5.0에서 유의하게 낮게 나타났으며(Figure 2B, C, E), HDL-C는 PV2.5군에서 유의하게 증가하였다(Figure 2D). 이와 유사하게 김형진 등(2010)의 연구에서는 오디식초의 섭취가 TG를 감소시켜 생리활성효능에 긍정적이라 보고하고 있다. 또한 식초 섭취가 고혈압과 지질대사의 개선에 영향을 미친다는 결과(Sugiyama *et al.*, 2010)를 볼 때 감식초의 섭취 역시 혈중지질대사를 개선하여 심혈관질환, 고혈압, 고지혈증, 고콜레스테롤혈증의 예방 및 개선에 도움을 줄 것이라 사료된다. 또한 감식초 섭취에 의한 혈중 카르니틴 증가와 CPT-I(carnitine palmitoyl transferase-I) mRNA 발현 증가(Moon and Cha, 2008) 및 초산에 의한 malonyl-CoA 활성의 억제(Fushimi and Sato, 2005)의 선행보고들은 본 연구에서 나타난 혈중 지질성분이 개선된 결과를 설명에 뒷받침 된다고 생각된다.

위에서 제시한 연구결과(Moon and Cha, 2008; Fushimi and Sato, 2005)의 대사적 측면을 고려할 때 감식초 섭취에 의한 지방대사 활성 증가는 지방의 에너지원으로서의 의존도를 증가시켜 탄수화물의 사용을 억제시킬 수 있을 것이다. 글리코겐은 해당과정 및 ATP 생성과 산화를 위한 주요 에너지원으로서(Harris *et al.*, 1991), 글리코겐 저장능력의 증가는 인체의 에너지를 증가시켜 운동수행능력을 증가시킬 가능성은 매우 크다고 할 수 있다. 선행연구에서 류승필과 권태동(2009)은 호흡가스분석에 의해 계산된 탄수화물 이용률이 운동 전 현미식초섭취에 의하여 장시간 중등도 지구성 운동 전반에 걸쳐 유의하게 낮게 나타남과 동시에 혈중 젖산의 분비 역시 억제된 결과를 보여주고 있다. 이는 운동 전 감식초의 섭취에 의해 글리코겐 저장량이 증가될 수 있다는 점을 시사하고 있다. 실제로 본 연구에서 나타난 글리코겐의 함량은 CONT와 ACON에 비하여 감식초를 섭취한 PV2.5와 PV5.0에서 유의하게 증가하였다(Figure 3A, B). 이와 유사하게 Waller *et al.*(2009)은 경주용 말을 이용하여 중등도 운동을 장시간 부하한 운동실험에서 운동 전 초산을 섭취시킨 후 운동을 부하하고 회복기의 글리코겐 회복능에 관한 연구에서 운동 후 4시간에 초산을 섭취하지 않은 그룹보다 유의하게 높았다고 보고하며 초산의 섭취에 의하여 운동 후 글리코겐 재합성을 촉진시켰을 것이라 언급하고 있다. 이는 운동 후 회복기에도 감식초의 섭취가 유효하다는 점을 시사하고 있다고 판단된다. 또한 Tao *et al.*(2004)은 dibromoacetic acid의 섭취 2일 후부터 28일 동안 간의 글리코겐이 증가한다고 보고되고 있는데, 이러한 초산은 식이를 제한한 이후에도 간과 근육의 phosphofructokinase-1의 활성을 억제시켜 글리코겐 분해를 억제하며(Fushimi *et al.*, 2001), 초산이 함유되어 있는 발효 식초의 섭취는 탄수화물 농도의 유지에 효과적이라고 보고하고 있다(Song

and Ryu 2010). Hattori *et al.*(2010)은 초산의 섭취가 에너지 효율을 증가시키는 것은 확실하지만 상대적으로 탄수화물 산화를 억제시키는 결과를 초래하여 전체적으로 지방의 산화를 증가시키는 결과를 소개하고 있다. 또한 식초가 TCA cycle에 관여하는 유기산을 다량 함유하여 젖산을 축적시키지 않고 TCA cycle을 순조롭게 진행시켜 과격한 운동이나 피로회복에 효과적이라고 보고하고 있어(이부용과 육진수, 1999) 본 연구의 결과를 뒷받침하여 주고 있다. 즉 감식초의 섭취시 감식초에 함유한 유기산 특히, 초산이 탄수화물대사에 영향을 미쳐 글리코겐의 분해를 효과적으로 억제하여 글리코겐의 저장을 증가시켰을 것이라 생각된다.

결론

SD계 수컷 흰쥐에게 4주간 고지방식이와 함께 감식초를 2.5배, 5.0배를 희석하여 투여하였을 때, 체중 및 체지방량, 혈중지질 그리고 글리코겐함량에 미치는 영향을 분석하였다. 본 연구의 결과 감식초의 섭취가 혈중지질과 지방량 저장을 효과적으로 억제함에 따라 항비만 뿐만 아니라 대사증후군의 예방 및 개선에 도움을 줄 것이며, 글리코겐의 분해를 억제하여 글리코겐 함량을 증가시켜 운동수행능력을 증가시킬 수 있다는 가능성을 시사함으로써 지구성 운동시 효율적인 기능성 음료로서의 가능성을 보여주었다고 생각된다. 또한 섭취량에 있어서도 2.5배 혹은 5.0배 모두 긍정적인 결과가 나타났으므로 개인 취향에 따라 희석비율을 조절하는 것도 의미가 있을 것이다. 이상과 같은 연구 결과를 바탕으로 추후 감식초의 섭취에 의한 비만증의 해소 및 억제와 지구성 운동기능의 향상에 대한 연구가 다수 이루어져야 할 것이라 사료된다.

감사의 글

본 연구는 산림청 ‘산림과학기술개발사업(과제번호 : S121010L080000)’의 지원에 의하여 이루어진 것입니다.

인용문헌

1. 김기진, 배영상, 이순천, 이원재, 이인규, 윤여경, 류전수, 박형국, 하원호. 1997. 감식초 음료 섭취가 비만자의 신체 활동시 지방대사 활성에 미치는 영향. 한국유산소운동과학회지 1(1): 48-59.
2. 김귀란, 윤성란, 이지연, 정용진, 윤경영, 권중호. 2010. 시판 과실식초의 이화학적 품질 및 향기성분 비교. 한국식품저장유통학회 17(5): 616-625.
3. 김미경, 김미정, 김소연, 정대성, 정용진, 김순동. 1994. 복발효 감식초의 품질. 동아시아식생활학회지 4(2): 45-50.

4. 김형진, 최상원, 조성희. 2010. 오디의 가공형태에 따른 Streptozotocin 유발 당뇨병 쥐의 혈당 및 지질의 상태에 미치는 영향. *한국영양학회지* 43(6): 551-560.
5. 류승필, 권태동. 2009. 현미 식초섭취가 중강도 운동 중 에너지대사에 미치는 영향. *한국운동영양학회지* 13(3): 217-224.
6. 이부용, 육진수. 1999. 진공농축에 따른 감식초의 이화학적 특성변화. *한국식품과학회지* 31(4): 1132-1136.
7. 장세영, 백창호, 정규호, 박난영, 정용진. 2005. 칼슘 용해도에 미치는 식초의 영향. *한국식품저장유통학회지* 12(2): 112-118.
8. 정용진, 서지형, 이기동, 박난영, 최태호. 1999. 2단계 발효에 의한 사과식초와 시판 사과식초의 품질비교. *한국식품영양과학회지* 28(2): 353-358.
9. Bergouignan, A., Schoeller, D.A., Votruba, S., Simon, C. and Blanc, S. 2008. The acetate recovery factor to correct tracer-derived dietary fat oxidation in humans. *American Journal of Physiology* 294: 645-653.
10. Calvert, L.D., Shelley, R., Singh, S.J., Greenhaff, P.L., Bankart, J., Morgan, M.D. and Steiner, M.C. 2008. Dichloroacetate enhances performance and reduces blood lactate during maximal cycle exercise in chronic obstructive pulmonary disease. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* 177(10): 1090-1094.
11. Friedewald, W.T., Levy, R.L. and Fredrickson, D.S. 1972. Estimation of the concentration of low-density lipoprotein cholesterol in plasma, without use of the preparative ultracentrifuge. *Clinical Chemistry* 18: 499-502.
12. Fushimi, T. and Sato, Y. 2005. Effect of acetic feeding on the circadian changes in glycogen and metabolites of glucose and lipid in liver and skeletal muscle of rats. *British Journal of Nutrition* 94: 714-719.
13. Fushimi, T., Suruga, K., Oshima, Y., Fukiharu, M., Tsukamoto, Y. and Goda, T. 2006. Dietary acetic acid reduces serum cholesterol and triacylglycerols in rats fed a cholesterol-rich diet. *British Journal of Nutrition* 95: 916-924.
14. Fushimi, T., Tayama, K., Fukaya, M., Kitakoshi, K., Nakai, N., Tsukamoto, Y. and Sato, Y. 2001. Acetic acid feeding enhances glycogen repletion in liver and skeletal muscle of rats. *Journal of Nutrition* 131(7): 1973-1977.
15. Harris, R.C., Marlin, D.J., Snow, D.H. and Harkness, R.A. 1991. Muscle ATP loss and lactate accumulation at different work intensities in the exercising Thoroughbred horse. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 62(4): 235-244.
16. Hattori, M., Kondo, T., Kishi, M. and Yamagami, K. 2010. A single oral administration of acetic acid increased energy expenditure in C57BL/6J mice. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 74(10): 2158-2159.
17. Johnston, C.S., Kim, C.M. and Buller, A.J. 2004. Vinegar improves insulin sensitivity to a high-carbohydrate meal in subjects with insulin resistance or type 2 diabetes. *Diabetes Care* 27: 281-282.
18. Kondo, T., Kishi, M., Fushimi, T., Ugajin, S. and Kaga, T. 2009. Vinegar intake reduces body weight, body fat mass, and serum triglyceride levels in obese Japanese subjects. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 73(8): 1837-1843.
19. Lim, K., Yoshioka, M., Kikuzato, S., Kiyonaga, A., Tanaka, H., Shindo, M. and Suzuki, M. 1997. Dietary red pepper ingestion increases carbohydrate oxidation at rest and during exercise in runners. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 29(3):355-361.
20. Mitrou, P., Raptis, A.E., Lambadiari, V., Boutati, E., Pet-siou, E., Spanoudi, F., Papakonstantinou, E., Maratou, E., Economopoulos, T., Dimitriadis, G. and Raptis, S.A. 2010. Vinegar decreases postprandial hyperglycemia in patients with type 1 diabetes. *Diabetes Care* 33(2): e27.
21. Moon, Y.J. and Cha, Y.S. 2008. Effects of persimmon-vinegar on lipid metabolism and alcohol clearance in chronic alcohol-fed rats. *Journal of Medicinal Food* 11: 38-45.
22. Passonneau, J.V. and Lauderdale, V.R. 1974. A comparison of three methods of glycogen measurement in tissue. *Analytical Biochemistry* 60: 405-412.
23. Prats, C., Helge, J.W., Nordby, P., Qvortrup, K., Ploug, T., Dela, F. and Wojtaszewski, J.F. 2009. Dual regulation of muscle glycogen synthase during exercise by activation and compartmentalization. *The Journal of Biological Chemistry* 284(23): 15692-15700.
24. Ryu, S., Choi, S.K., Joung, S.S., Suh, H., Cha, Y.S. and Lim, K. 2001. Caffeine as a lipolytic food component increases endurance performance in rats and athletes. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 47(2): 139-146.
25. Shabadashi, A.L. 1945. Glycogen loading of the interneuron synapsis and its functional sequels; the morphology of glycogen distribution and transmutation. *Biulleten' Eksperimental'noi Biologii i Meditsiny* 19(1): 30-33.
26. Sakakibara, S., Murakami, R., Takahashi, M., Fushimi, T., Murohara, T., Kishi, M., Kajimoto, Y., Kitakaze, M. and Kaga, T. 2010. Vinegar intake enhances flow-mediated vasodilatation via upregulation of endothelial nitric oxide synthase activity. *Bioscience, Biotechnology and Biochemistry* 74(5): 1055-1061.
27. Setorki, M., Asgary, S., Eidi, A., Rohani, A.H. and Khazaei, M. 2010. Acute effects of vinegar intake on some biochemical risk factors of atherosclerosis in hypercholesterolemic rabbits. *Lipids in Health and Disease* 28: 1-8.
28. Smith G.I., Jeukendrup, A.E. and Ball, D. 2007. Sodium acetate induces a metabolic alkalosis but not the increase in fatty acid oxidation observed following bicarbonate ingestion in humans. *Journal of Nutrition* 137: 1750-1756.
29. Song, Y.J. and Ryu, S.P. 2010. Studies of the of vinegar ingestion after the strenuous wingate test on energy substrates during recovere periods. *Journal of Life Science* 20(9): 1345-1352.
30. Sugiyama, S., Fushimi, T., Kishi, M., Irie, S., Tsuji, S.,

- Hosokawa, N. and Kaga, T. 2010. Bioavailability of acetate from two vinegar supplements: capsule and drink. *Journal of Nutritional Science and Vitaminology* 56(4): 266-269.
31. Sugiyama, S., Yoshino, T., Kanahara, H., Shichiri, M., Fukushi, D. and Ohtani, T. 2004. Effects of acetic acid treatment on plant chromosome structures analyzed by atomic force microscopy. *Analytical Biochemistry* 324(1): 39-44.
32. Takahra, A., Sugiyama, A., Honsho, S., Sakaguchi, Y., Akie, Y., Nakamura, Y. and Hashimoto, K. 2005. The endothelium-dependent vasodilator action of a new beverage made of red wine vinegar and grape juice. *Biological & Pharmaceutical Bulletin* 28(4): 754-756.
33. Tao, L., Wang, W., Li, L., Kramer, P.M. and Pereira, M.A. 2004. Effect of dibromoacetic acid on DNA methylation, glycogen accumulation, and peroxisome proliferation in mouse and rat liver. *Toxicological Sciences: An Official Journal of the Society of Toxicology* 82(1): 62-69.
34. Tong, L.T., Katakure, Y., Kawamura, S., Baba, S., Tanaka, Y., Udono, M., Kondo, Y., Nakamura, K., Imaizumi, K. and Sato, M. 2010. Effect of Kurozu concentrated liquid on adipocyte size in rats. *Lipids in Health And Disease* 23: 129-134.
35. Waller, A.P., Geor, R.J., Spriet, L.L., Heigenhauser, G.J. and Lindinger, M.I. 2009. Oral acetate supplementation after prolonged moderate intensity exercise enhances early muscle glycogen resynthesis in horses. *Experimental Physiology* 94(8): 888-898.
36. Yamashita, H., Fujisawa, K., Ito, E., Idei, S., Kawaguchi, N., Kimoto, M., Hiemori, M. and Tsuji, H. 2007. Improvement of obesity and glucose tolerance by acetate in type 2 diabetic Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty(OLETF) rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 71(5): 1236-1243.
37. Yamashita, H., Maruta, H., Jozuka, M., Kimura, R., Iwabuchi, H., Yamato, M., Saito, T., Fujisawa, K., Takahashi, Y., Kimoto, M., Hiemori, M. and Tsuji, H. 2009. Effects of acetate on lipid metabolism in muscles and adipose tissues of type 2 diabetic Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF) rats. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 73(3): 570-576.
38. Yue, T.L., Nerurkar, S.S., Bao, W., Jucker, B.M., Sarov-Blat, L., Steplewski, K., Ohlstein, E.H. and Willette, R.N. 2008. In vivo activation of peroxisome proliferator-activated receptor-delta protects the heart from ischemia/reperfusion injury in Zucker fatty rats. *The Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics* 325(2): 466-74.

(2011년 2월 23일 접수; 2011년 4월 20일 채택)