

Functional Properties of Muskmelon Vinegars Manufactured with Traditional Fermentation Methods

Kyung Im Jung¹, Na Yeon Ha² and Young Ju Choi^{1*}

¹Department of Food & Nutrition, Silla University, Busan 46958, Korea

²Korea Tradition Fermentation Culture Researcher, GyeongNam 50807, Korea

Received October 16, 2018 / Revised November 14, 2018 / Accepted November 30, 2018

This study investigated the physiochemical properties, the anti-oxidant and alcohol metabolism enzyme activities, and the anti-inflammatory effects of three muskmelon vinegars prepared under different fermentation conditions, namely MV-1, MV-2, and MV-3. The total acidity of each vinegar was 4.00%, 4.32%, and 4.35%, respectively. Organic acid analysis showed that malic acid (58.37 mg/ml) was the most prevalent in MV-1 and that acetic acid was most prevalent in both MV-2 (46.95 mg/ml) and MV-3 (66.70 mg/ml). The total phenolic content of the muskmelon vinegars was highest at 129.74 µg tannic acid equivalents (TAE)/ml in MV-3. The DPPH radical scavenging activity of the vinegars increased in a dose-dependent manner ($p < 0.05$) and was 89.28% at MV-3 40% concentration. Similarly, SOD activity increased in a concentration-dependent manner ($p < 0.05$) so that levels for MV-1, MV-2, and MV-3 at 60% concentrations were 40.84%, 52.17% and 72.55%, respectively ($p < 0.05$). Moreover, the ADH and ALDH activities of muskmelon vinegar were seen to increase in a concentration-dependent manner; ADH activity at 60% concentration was highest at 136.58% in MV-1 and ALDH activity at 60% concentration was highest at 100.25% in MV-2. The nitrite scavenging activities of MV-1, MV-2, and MV-3 at pH 1.2 were found to be 81.58%, 94.72%, and 87.75%, respectively. Anti-inflammatory effects were also examined, using LPS-stimulated RAW 264.7 cells, and nitric oxide production was reduced to 25.93%, 10.01%, and 79.75% by addition of MV-1, MV-2, and MV-3 at 1% concentration, respectively ($p < 0.05$). These results suggest that the MV-3 muskmelon vinegar has great potential as an ingredient for high quality functional health beverages.

Key words : Acetic acid fermentation, anti-inflammatory, anti-oxidant, muskmelon vinegar, organic acid

서 론

참외(*Cucumis melo* L. var *makuwa*)는 박과(cucurbitaceae)에 속하는 식물로 원산지는 인도 및 아프리카이며 한국, 일본, 중국 등에서 재배되고 있는 덩굴성의 일년생 초본이다[23]. 여름철 많이 섭취하는 대표적인 과일인 참외는 재배 기술의 발달에 따라 연중 생산되지만, 조식이 쉽게 연화되고 저장성이 떨어지므로 과다 출하되는 시기에는 수급조절이 불안정하여 산지에서 많은 양이 폐기되고 있기에[11] 이러한 문제를 해결하기 위하여 참외의 활용도를 높이기 위한 방안이 필요한 실정이다[26]. 참외는 생산량의 대부분이 생과로 소비되고 있으며, 일부가 절임 반찬 등으로 이용되고 있는데, 동의보감에 참외꼭지는 부종, 황달 등에 처방하고, 참외 씨는 위장병에

사용한다는 기록이 있다[23]. 참외의 효능은 칼륨이 풍부한 과실로 이뇨작용을 촉진시켜주며, 비타민 C가 풍부해서 항산화 작용 및 미백효과 등이 있으며 참외는 포만감을 높지만 칼로리가 낮아 다이어트에 도움이 되는 것으로 알려져 있다[5]. 또한 참외는 기관지염을 개선하고 호흡기 질환 예방 및 해독작용을 하여 간기능을 증진시켜주며 황달을 치료하는데 아주 효과적이다. 참외의 약리 작용은 참외꼭지에 함유되어 있는 고미물질인 에리테린(elaterin)에 의한 것으로 최토효과가 있어 한방에서는 참외꼭지 말린 것을 과체라고 하여 약용으로 쓰이고 있으며[19], 참외에 함유된 쓴맛물질인 쿠쿨비타신(cucurbitacin)은 항암효과[48]와 면역증강효과 및 간보호 효과[33, 50] 등의 다양한 효능이 보고되고 있다.

식초는 당과 에탄올이 발효되어 생산된 초산을 비롯하여 각종 당류와 아미노산류, ester류 및 유기산류를 함유하고 있으며 스테미너 증진, 식욕증진, 피로회복 등의 다양한 효과가 있는 산미료이자 건강보조 식품이다[27]. 식초는 크게 합성 식초와 발효식초로 나뉘며, 발효식초는 주정식초와 천연식초로 나뉜다[38]. 석유에서 추출한 합성식초(빙초산)는 신맛만을 낼 뿐 유기산, 미네랄, 비타민 등이 거의 없기 때문에 별다른 기능성이 없는 식초이며, 에탄올(주정)에 초산균을 넣어 1-2일만에

*Corresponding author

Tel : +82-51-999-5459, Fax : +82-51-999-5657

E-mail : yjchoi@silla.ac.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

속성으로 발효시켜 제조하는 양조식초(주정식초)도 아미노산이나 유기산 등의 유용물질 함량이 부족하다[38]. 천연재료를 자연 발효시켜서 제조하는 천연발효식초는 제조의 원료에 따라 다양한 영양물질과 기능성 물질 등이 함유되어 있어 소화액 분비 촉진, 피로회복, 항비만 효과, 노화방지 및 항종양 효과, 항당뇨 및 항산화 활성[2, 24] 등 다양한 생리활성이 보고되고 있다.

참외에 대한 연구는 주로 참외 추출물을 이용하여 Shin 등[44, 45]은 항산화 효과와 항균효과 및 tyrosinase 저해활성 등을 연구하였으며, Park 등[41]은 참외추출물이 기억상실 흰쥐의 인지능 회복에 미치는 효과를 연구하였고, Kim 등[20]은 간암세포증식 억제효과를 연구하였다. 참외식초에 대한 연구로 Lee 등[26]은 참외의 알코올 및 초산발효특성을 연구하였고, Kim 등[23]은 참외를 첨가한 탁주 술덧 식초의 품질을 조사하였다.

본 연구에서는 다양한 방법으로 제조한 전통발효 참외식초의 총 산도와 유기산 함량을 분석하고, 항산화 활성과 숙취해소효과 및 항염증 효과 등 참외식초의 품질특성과 다양한 생리활성 및 기능성 식초개발 가능성을 알아보고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 참외는 경상북도 성주의 한 농가에서 2017년 수확한 것을 제공받아 사용하였고 참쌀(Nonghyup, Jangheung, Korea)은 마트에서 구입하여 사용하였으며, 누룩(농업법인㈜송학곡자, Gwangju, Korea)은 인터넷으로 주문하여 사용하였다. 실험에 사용된 모든 시약은 Sigma-Aldrich Co. (St. Louis, MO, USA)의 제품을 사용하였다.

참외식초 제조

꼭지를 제거한 후 0.5 cm두께로 슬라이스한 참외(5 kg)를 이용하여 제조한 참외식초(MV-1), 꼭지를 포함하여 0.5 cm두께로 슬라이스한 참외(5 kg)를 1시간 동안 삶아서 제조한 참외식초(MV-2), 참외 꼭지를 포함하여 0.5 cm두께로 슬라이스한 참외(5 kg)와 참쌀고두밥(2 kg) 및 누룩(400 g)을 이용하여 제조한 참외식초(MV-3) 등 총 세 가지 참외식초를 제조하였다. 각각의 시료는 당 농도를 24.0°Brix로 조절한 후 27°C에서 36시간 및 20°C에서 11일간 1차 알코올발효를 시켰다. 그 후 발효액을 거른 다음 10%의 종초를 첨가하여 32°C에서 40일간 초산발효를 하였다. 참외식초의 생리활성 측정을 위해 Whatman No. 2 filter paper (Whatman International Ltd., Maidstone, UK)로 여과하여 4°C 냉장고에 보관하며 시료로 사용하였다.

총 산도 측정

총 산도는 참외식초 10 ml를 100 ml 정용 플라스크에 넣고

증류수를 가하여 100 ml로 정용하여 혼합한 다음 혼합액 20 ml를 삼각플라스크에 취한 후 1% 페놀프탈레인 시액을 지시약으로 하여 서서히 교반하였다. 이후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 분홍빛으로 발색하는 지점까지 적정하였으며 소비된 양(ml)을 초산 함량(%)으로 환산하였다.

유기산 분석

참외 식초의 유기산 함량 분석을 위해 칼럼은 PL Hi-Plex H (ID, 7.7 mm; length, 300 mm), 이동상은 0.005 M H₂SO₄, flow rate는 0.6 ml/min, injection volume (20 µl), detector는 RI model RID-10A를 사용하여 HPLC (Shimadzu Co. Model Prominence, Japan)로 분석하였다. 참외 식초에서 분리된 각 피크는 citric acid와 acetic acid, tartaric acid, lactic acid, malic acid 및 succinic acid의 표준곡선으로부터 그 함량을 산출하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

총 polyphenol 함량은 Folin-Ciocalteu법[47]을 약간 변형시켜 측정하였으며 표준물질로는 tannic acid (Sigma Chemical Co., St. Louis, Mo, USA)를 사용하여 분석하였다. 일정농도의 참외식초를 시험관에 취하고 증류수를 가하여 2 ml로 정용한 후 Folin-Ciocalteu reagent 0.3 ml를 가하여 잘 혼합한 다음 3분간 실온에서 반응시켰다. 혼합물에 7.5% Na₂CO₃용액 0.4 ml를 가하여 혼합하고 50°C에서 5분간 발색시킨 후 760 nm에서 흡광도를 측정하였다. 참외식초의 총 페놀 함량은 µg tannic acid equivalent (TAE)/ml로 나타내었다.

1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) radical 소거능 측정

참외식초의 전자공여능은 Blois의 방법[1]을 약간 변형하여 DPPH (1,1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl)에 대한 수소공여 효과로 측정하였다. 96-well plate에 시료와 0.4 mM DPPH 용액을 1:4 비율로 혼합하여 37°C에서 30분간 반응 시킨 후, ELISA reader (Versa Max Microplate Reader, Molecular Device, Sunnyvale, CA, USA)를 이용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여능(Electron donating ability; EDA)은 시료를 첨가하지 않은 대조그룹과 흡광도차를 비교하여 free radical의 제거활성을 백분율로 나타내었다.

$$EDA (\%) = \left(1 - \frac{\text{대조구 흡광도} - \text{시료 첨가구 흡광도}}{\text{대조구 흡광도}}\right) \times 100$$

Superoxide dismutase (SOD) 활성 측정

참외식초의 SOD 활성은 SOD assay kit (Dojindo Molecular Technologies, Rockville, MD, USA)을 사용하여 manufacturer's instruction에 기술된 방법에 따라서 수행하였다. 시료를 농도별로 희석하여 96-well plate에 20 µl씩 분주한 후

WST working solution 200 μ l를 넣고 혼합한 다음 효소반응 용액 20 μ l를 첨가하여 37°C에서 20분간 반응시킨 후 ELISA reader를 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구 실험은 효소 대신 20 μ l dilution buffer를 넣고 수행하였다. SOD 활성은 시료 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율(%)로 나타내었다.

$$\text{SOD activity (\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{시료 무첨가구 흡광도}}\right) \times 100$$

Alcohol dehydrogenase (ADH) 활성 측정

참외식초의 ADH 효소활성 측정은 Choi 등[3]과 Racker [43]의 방법을 변형하여 측정하였으며, 생성된 NADH의 양을 340 nm에서 흡광도를 측정하였다. 시험관에 alcohol 0.1 ml, NAD 수용액(2 mg/ml) 0.5 ml 및 시료 0.1 ml를 첨가하고 10 mM glycine-NaOH buffer (pH 8.8)를 총 부피가 1.8 ml가 되도록 조절하여 25°C 항온수조에서 10분간 반응시킨 후 ADH (10 unit/ mL, Sigma)를 가하여 340 nm에서 spectrophotometer (Amersham Pharmacia Biotech, Cambridge, UK)를 이용하여 흡광도의 변화를 측정하였다. 대조구는 시료대신 증류수를 첨가하였으며, positive control은 약국에서 구입한 hepos를 1/2로 희석하여 사용하였다. ADH의 활성은 다음과 같은 식으로 상대적인 백분율로 계산하였다.

$$\text{ADH activity (\%)} = \frac{\text{실험구의 최대 흡광도}}{\text{대조구의 최대 흡광도}} \times 100$$

Acetaldehyde dehydrogenase (ALDH) 활성 측정

참외식초의 ALDH의 효소활성 측정은 Koivula와 Koivusalo의 방법[25]을 약간 변형하여 측정하였다. 반응용액은 증류수 2.1 ml, 1.0 M Tris-HCl buffer (pH 8.0) 0.3 ml, 20 mM NAD⁺ 0.1 ml, 0.1 M acetaldehyde 0.1 ml, 3.0 M KCl 0.1 ml, 0.33 M 2-mercaptoethanol 0.1 ml 및 시료 0.1 ml를 혼합하여 25°C에서 10분간 반응시킨 후 ALDH (1 unit/ml) 0.1 ml를 첨가하여 25°C 항온수조에서 5분간 반응시킨 다음 340 nm에서 흡광도의 변화를 측정하였다. 대조구는 시료대신 TE buffer (pH 8.0)를 첨가하여 상대 활성(%)으로 나타내었고, positive control은 ADH 활성 측정에서와 같이 hepos를 사용하였으며, ALDH 활성 측정은 ADH 활성 측정식과 동일한 식을 사용하였다.

아질산염 소거능 측정

참외식초의 아질산염 소거능은 Gray와 Dugan의 방법[6]을 변형하여 측정하였다. 아질산염 용액에 시료 용액을 가한 후 0.1 N HCl (pH 1.2) 및 0.2 M 구연산 완충용액을 사용하여 반응 용액의 pH를 각각 1.2, 3.0 및 6.0으로 조정하여 사용하였다. 반응물용액은 37°C에서 1시간 반응시킨 후 Griess 시약을 가하여 15분간 실온에 방치시킨 다음 520 nm에서 흡광도를

측정하여 잔존하는 아질산염을 구하였다. 아질산염 소거능은 다음의 식에 따라 계산하였다.

$$\text{아질산염 소거능(\%)} = [1 - (A-C)/B] \times 100$$

A: 1 mM NaNO₂ 용액에 추출 시료를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

B: 1 mM NaNO₂ 용액의 흡광도

C: 시료의 흡광도

MTT assay 및 산화질소(NO) 생성능 측정

세포독성 실험은 mitochondrial dehydrogenase activity의 index를 나타내는 MTT calorimetric reduction assay 법으로 참외식초가 세포생존율에 미치는 영향을 측정하였다. 96-well microtiter plate (SPL Lifesciences, Gyeonggi-do, Korea)에 RAW 264.7 macrophage를 1.0×10⁵ cells/well의 농도로 분주하고, 분주 24시간 후 참외식초가 함유되어 있는 배지를 각각 100 μ l씩 넣어 48시간 동안 배양하였다. Plate에 MTT 2 mg/ml 3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA) 용액을 20 μ l씩 첨가하여 4시간 동안 배양시키고 formazan을 형성시킨 후 조심스럽게 상등액을 제거하였다. DMSO 150 μ l를 첨가하여 formazan을 녹인 후 ELISA reader를 이용하여 570 nm에서 흡광도를 측정하였다.

RAW 264.7 세포종의 NO 생성을 측정하기 위해 세포를 24-well plate에 5×10⁴ cells/well씩 분주하고 24시간 배양한 후 시료를 넣어 3시간 동안 전 처리하였다. 이후 1 μ g/ml 농도의 LPS (lipopolysaccharides from *Escherichia coli* O111: B4)를 24시간 동안 함께 처리하여 세포를 자극하였다. 배양이 끝난 후, NO의 측정을 위해 상등액을 100 μ l씩 96-well plate로 옮겨 동량의 Griess (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 시약을 가하여 10분간 상온에서 암반응 시키고 microplate reader를 이용하여 460 nm에서 흡광도를 측정하였다.

통계처리

실험결과는 통계 SAS package (Statistical Analysis System, Version 9.1, SAS Institute Inc., Cary, NC, USA)를 사용하여 각 시료의 평균과 표준편차를 계산하였고, 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test를 실시하여 p<0.05 level에서 시료간의 유의차를 검정하였다.

결과 및 고찰

참외식초의 총 산도

각기 다른 방법으로 제조한 참외식초의 총 산도를 측정한 결과(Table 1), MV-1은 4.00%, MV-2는 4.32%, MV-3은 4.35%로 나타났다. Hong 등[9]은 시판 자몽식초의 산도는 3.09-5.58

Table 1. Total acidity of muskmelon vinegars manufactured with different methods

Muskmelon vinegars	MV-1 ¹⁾	MV-2	MV-3
Total acidity (%)	4.00	4.32	4.35

¹⁾MV-1, vinegar with raw muskmelon removed the stem; MV-2, vinegar with boiled muskmelon including stem; MV-3, vinegar with waxy rice, yeast, and raw muskmelon including stem.

%, 감귤식초 산도는 4.06-7.57%로 과실함유량이 산도에 영향을 미치는 것으로 보고하였는데, 식초의 총 산도는 제조과정 중에 생성되며 식초 발효관리의 지침이 초산이 주성분이다 [36]. 식초는 총 산도에 따라서 4~5%의 저산도 식초와 6~7%의 일반산도 식초, 12~14%의 2배 식초 및 18~19%의 3배 식초로 나눌 수 있다[29]. 본 연구에서 각기 다른 방법으로 제조한 참외식초의 총 산도는 4.00~4.35로 저산도 식초에 해당되는데 시판제품으로는 감식초가 있다[29].

참외식초의 유기산 함량

참외식초의 유기산 함량을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 참외식초의 유기산 함량은 제조 방법에 따라 차이가 있었다. 꼭지를 제거한 생 참외를 슬라이스한 후 발효시킨 MV-1에서는 malic acid 함량이 58.37 mg/ml로 높게 나타났지만 누룩과 찹쌀고두밥을 사용하여 발효시킨 식초에서는 발견되지 않았고, 초산함량은 누룩과 찹쌀고두밥을 사용한 MV-3에서 참외만 사용한 MV-1 및 MV-2보다 높게 나타났다. 일반적으로 식초의 유기산 함량은 사용한 원료에 따라서 유기산 조성에 있어서 많은 차이를 나타내고 있다. Malic acid 등의 유기산은 풍미를 향상시키는 역할을 하는 것으로 Jeong 등[13]은 현미식초의 malic acid 함량은 103.9 mg%, 감식초의 malic acid는 34.6-38.2 mg%로 보고하였다. 현미발효식초에서는 상대적으로 초산함량이 높게 나타났으며[14] 감귤미숙과를 사용한 식초에서는 젖산함량이 높게 나타났다[51]. 유기산은 식초의 산미와 지미에 영향을 주어 식초품질에 중요한 영향을 미치며 fumaric acid와 citric acid, lactic acid, succinic acid, malic acid 및 tartaric acid 등 다양한 유기산이 존재하는 것으로 알

Table 2. Organic acid of muskmelon vinegars manufactured with different methods

Organic acids (mg/ml)	MV-1 ¹⁾	MV-2	MV-3
Citric acid	1.08	1.65	1.40
Tartaric acid	ND ²⁾	ND	ND
Malic acid	58.37	1.50	ND
Succinic acid	0.97	0.77	0.89
Lactic acid	18.92	5.22	8.28
Acetic acid	43.18	46.95	66.70

¹⁾Abbreviations are the same as in Table 1.
²⁾Not detected.

려져 있다[14, 51].

참외식초의 총 폴리페놀 함량

약용식물에 널리 분포되어 있는 폴리페놀 화합물들은 다양한 기능을 하는 phytochemical로서 항산화와 항돌연변이 및 phytoestrogen 효과 등의 생리활성이 있는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 참외식초의 제조방법에 따른 총 페놀 함량을 tannic acid 표준 곡선으로부터 측정하였다(Table 3). 참외식초의 총 페놀 함량은 제조방법에 따라 약간의 차이를 나타내고 있으며 누룩과 고두밥을 사용한 MV-3에서 129.74 µg TAE/ml로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). Park 등[39]은 쌀누룩과 밀누룩 및 혼합누룩 등 누룩의 종류를 달리하여 제조한 현미배식초의 총 폴리페놀 함량은 쌀누룩으로 제조한 현미배식초에서 유의적으로 높은 것으로 보고하였고, Kim 등[19]은 참외부위별 총 페놀 함량을 측정한 결과 껍질부위에서 134.5 mg GAE/100 g으로 가장 높고, 그 다음으로는 태좌 94.1 mg GAE/100 g, 과육 49.6 mg GAE/100 g 순으로 보고하였다. 따라서 본 연구에서 각기 다른 방법으로 제조한 참외식초에서의 총 폴리페놀함량에 차이가 있는 것은 식초의 제조 원료와 이에 따른 발효과정 중 성분변화에 의한 결과라고 판단된다. Phenolic 화합물은 지질의 free radical을 불활성화 시키고, 지질과산화물이 free radical로의 분해되는 것을 저해함으로써 항산화력을 나타내는 효과적인 free radical scavengers로 알려져 있다[30].

참외식초의 DPPH radical 소거능

항산화 활성은 안정한 DPPH radical을 소거하는 항산화 물질인 phenolic compound와 aromatic amine 화합물 등에 의해서 환원되는 성질을 이용하여 전자공여능을 측정하는 DPPH 방법이 널리 사용되고 있다[1, 31]. 참외식초의 DPPH radical 소거능을 측정한 결과(Fig. 1), 농도 의존적으로 증가하였으며($p < 0.05$), 누룩과 고두밥을 사용한 MV-3 40% 농도에서 89.28%로 높은 radical 소거능을 나타냈는데 이는 비타민 C (0.05 mg/ml) 90.22%와 유의적인 차이가 없었다. Sim 등[46]은 흑마늘의 첨가량을 달리한 식초 50% 농도에서의 DPPH radical 소거능은 34.14-71.60%로 보고하였고, Hong 등[9]은

Table 3. Total polyphenol contents of muskmelon vinegars manufactured with different methods

muskmelon vinegars	MV-1 ¹⁾	MV-2	MV-3
Total polyphenol contents (µg TAE/ml) ²⁾	92.48±3.78 ^{3) b4)}	77.33±1.07 ^c	129.74±6.72 ^a

¹⁾Abbreviations are the same as in Table 1.
²⁾TAE standards for tannic acid equivalent.
³⁾Results are mean ± SD of triplicate data.
⁴⁾Different letters (a-c) within a total sample differ significantly ($p < 0.05$).

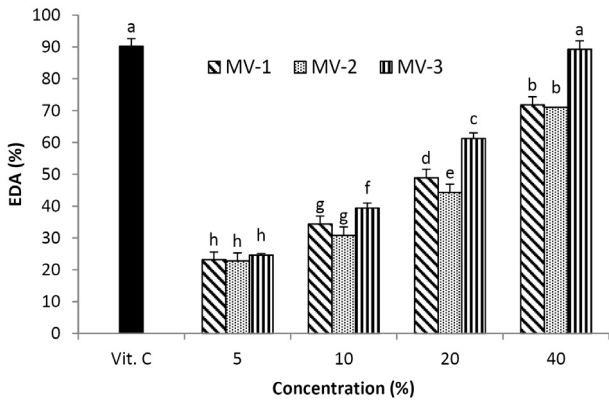


Fig. 1. DPPH free radical scavenging activity of muskmelon vinegars manufactured with different methods. Results are mean \pm S.D. of triplicate data. Vit. C (Vitamin C, 0.05 mg/ml) is used as positive control. Different letters (a-h) within a total sample differ significantly ($p < 0.05$).

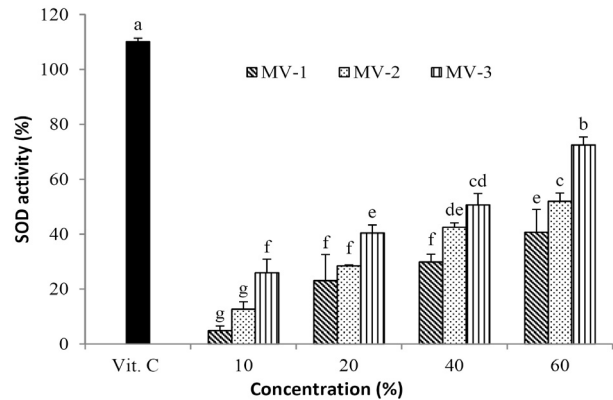


Fig. 2. Superoxide dismutase (SOD) activity of muskmelon vinegars manufactured with different methods. Results are mean \pm S.D. of triplicate data. Vit. C (Vitamin C, 0.5 mg/ml) is used as positive control. Different letters (a-g) within a total sample differ significantly ($p < 0.05$).

시판 감귤 및 자몽식초의 DPPH radical 소거능은 각각 39.0-69.7%와 35.2-81.0%로 보고하였다. 한편 Kim 등[19]은 2 mg/ml 농도에서의 참외 부위별 DPPH radical 소거능을 분석하였는데 껍질부위 74.7 \pm 2.8%, 과육부위 37.2 \pm 3.8% 및 태좌부위 58.7 \pm 1.4%로 껍질부위에서 가장 높게 나타나는 것으로 보고하였다. 이러한 결과는 참외의 경우는 생과로 섭취하기 때문에 참외껍질을 이용할 수 없는 문제점이 있지만 참외 식초의 경우는 껍질째 사용하기 때문에 참외식초를 꾸준히 섭취한다면 활성산소 제거 및 노화를 억제할 수 있을 것으로 사료된다. 천연물의 DPPH radical에 대한 소거활성은 phenolic 화합물 함량과 밀접한 상관관계가 있으며, 특히 flavonoid 화합물보다는 polyphenol 화합물에 의해서 항산화 활성을 나타내는 것으로 알려져 있다[19].

참외식초의 SOD 활성

세포의 전자전달과정에 의해 생성되는 활성산소종(reactive oxygen species, ROS)은 DNA 및 단백질에 영향을 주거나 세포막에 작용하여 손상을 주어 노화를 촉진하는 것으로 알려져 있다. 제조방법에 따른 참외식초의 SOD 활성을 측정한 결과 (Fig. 2), 농도 의존적으로 증가하였다($p < 0.05$). 60% 농도에서의 MV-1와 MV-2 및 MV-3는 각각 40.84%, 52.17%, 72.55%로 누룩과 찹쌀고두밥을 사용한 MV-3에서 참외만 사용한 MV-1 및 MV-2보다 높은 SOD 활성이 나타났는데($p < 0.05$), 참외식초 및 식초에 대한 SOD 활성 측정에 대한 보고는 거의 없는 실정이다. 한편 Kim과 Kang [18]은 참외의 비식용부위인 꼭지 100 μ g/ml 농도에서 7.1%의 SOD 유사활성을 있는 것으로 보고하였다. SOD는 미토콘드리아나 세포질에 존재하는데 superoxide를 과산화수소와 산소 분자로 전환시키는 반응을 촉매하여 free radical로부터 세포를 방어하는 중요한 효소 중의 하나다. Superoxide anions는 약한 산화제지만 매우 유해한 radi-

cal을 생성할 수 있어서 산소 독성의 가장 중요한 요인 중의 하나이며, *in vivo*에서 생성되는 첫 번째 oxygen 라디칼로서 다른 라디칼보다 더 오랫동안 지속된다[21]. SOD는 산소를 소비하는 모든 생물종에 존재하는데 생체 내에서 발생하는 free radical에 대한 방어 작용을 하는 대표적인 free radical 저해제이다. 또한 가장 독성이 강한 hydroxy 라디칼의 생성을 예방하여 피부 노화 방지 및 항염증 예방을 위한 소재로 사용되고 있다[8]. 본 연구결과 누룩과 찹쌀고두밥을 사용하여 발효시킨 MV-3는 총 폴리페놀 함량, DPPH 라디칼 소거능, SOD 유사활성이 높은 것으로 나타났기에 천연 항산화제로서의 이용 가치가 높을 것으로 판단된다.

참외식초의 Alcohol 분해활성(ADH, ALDH)

참외식초의 알코올 분해 활성은 ADH 활성 및 acetaldehyde를 분해하는 ALDH 활성을 알코올 분해와 숙취에 효과가 있는 것으로 보고된 hepos를 positive control로 하여 분석하였다(Fig. 3, Fig.4). 참외식초가 농도 의존적으로 ADH 및 ALDH 효소의 활성을 증가 시키지만($p < 0.05$) ADH 활성이 ALDH 활성보다 상대적으로 높게 나타났다. 꼭지를 제거한 후 0.5 cm두께로 슬라이스한 참외를 이용하여 제조한 MV-1 60% 농도에서의 ADH 활성은 136.58%로 hepos (133.92%) 보다 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. ALDH 활성은 꼭지를 포함하여 0.5 cm두께로 슬라이스하여 자숙한 참외를 이용하여 제조한 MV-2 60% 농도에서 100.25%로 MV-1 (75.75%) 및 MV-3 (85.07%)보다 높게 나타났으나 hepos (184.45%)와는 유의적인 차이가 있었다. 한편 오이 식초를 이용한 간조식 중의 알코올 대사 효소활성연구[10]에서 ALDH의 활성이 ADH보다 높게 나타나 숙취해소에 영향을 미치는 것으로 보고하여 본 연구와는 차이가 있었다. 체내에서 흡수된 알코올 분해 시 생성되는 대사산물인 acetaldehyde는 숙취

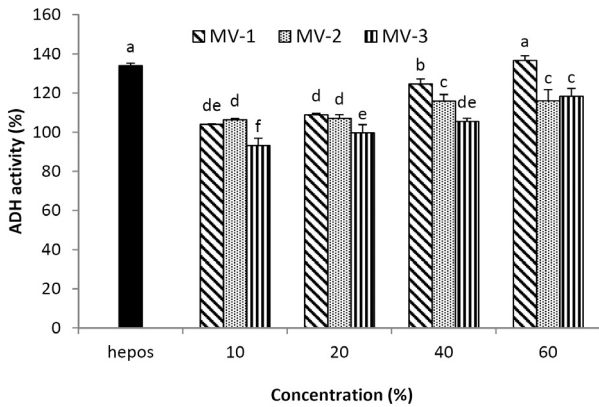


Fig. 3. Effects of muskmelon vinegars manufactured with different methods on the alcohol dehydrogenase (ADH). Results are mean ± S.D. of triplicate data. Hepos (50%) is used as positive control. Different letters (a-f) within a total sample differ significantly ($p < 0.05$).

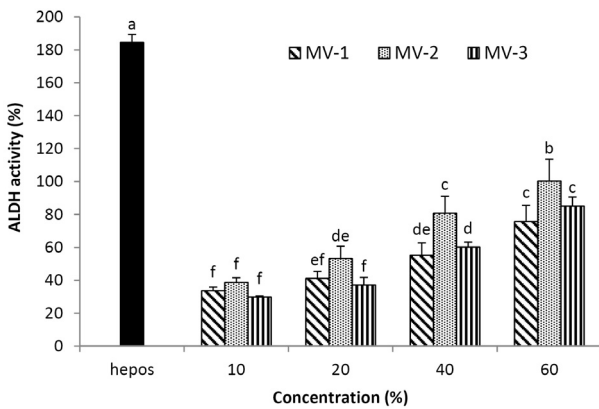


Fig. 4. Effects of muskmelon vinegars manufactured with different methods on the aldehyde dehydrogenase (ALDH). Results are mean ± S.D. of triplicate data. Hepos (50%) is used as positive control. Different letters (a-f) within a total sample differ significantly ($p < 0.05$).

의 주 원인물질이며 뇌로 이동하여 오심, 구토, 맥박증가, 홍조, 발한 등의 증상을 초래할 수 있다[40]. 다량의 음주를 만성적으로 하는 알코올 중독자 중 약 15%가 알코올성 간경변증에 이른다고 알려져 있는데, 이는 다량의 음주만이 알코올성 간경변증을 유발하는 것이 아님을 의미한다[16].

참외식초의 아질산염 소거능

체내 염증생성과정에서는 과량의 nitric oxide (NO)와 prostaglandin E₂ (PGE₂) 등의 염증인자가 cyclooxygenase (COX)-2 및 NO synthase (iNOS)에 의해 형성된다[35]. NO는 신호전달기능과 혈관확장 및 체내 면역기능 등의 다양한 생리적 기능을 가지고 있다[37]. 그러나 과도하게 형성된 NO는 염증을 유발과 유전자 변이, 신경손상 및 조직 손상 등을 유발하는 것으로 알려져 있다[32, 49]. 다른 방법으로 제조한 참외식초의

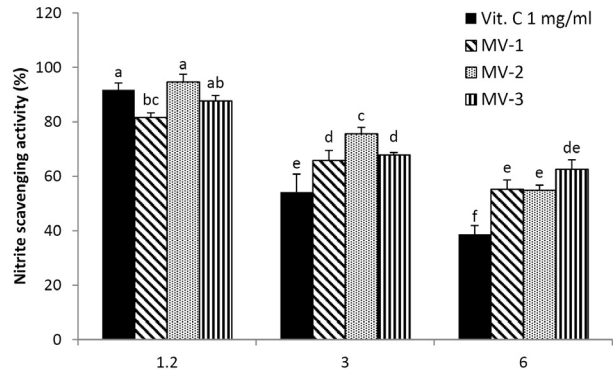


Fig. 5. Nitrite scavenging effect of muskmelon vinegars manufactured with different methods under different pH conditions. Results are mean ± S.D. of triplicate data. Vit. C (Vitamin C, 1 mg/ml) is used as positive control. Different letters (a-f) within a total sample differ significantly ($p < 0.05$).

NO 저해활성을 pH 1.2와 3.0 및 6.0에서 각각 분석한 결과 (Fig. 5), pH가 낮을수록 아질산염 소거능이 증가하는 것으로 나타났다. 참외식초의 아질산염 소거능은 위 내의 pH 조건과 유사한 pH 1.2에서의 가장 높은 소거능을 보였는데 MV-1, MV-2, MV-3 각각 81.58%와 94.72% 및 87.75%로 나타났다. 특히 꼭지를 포함하여 0.5 cm 두께로 슬라이스하여 자숙한 참외를 이용하여 제조한 MV-2는 비타민 C (91.76%)보다 높은 아질산염 소거능을 보였다. 아질산염 소거능은 pH에 매우 의존적이며, pH가 증가할수록 아질산염 소거효과가 감소하는 것으로 알려져 있다[7, 15]. Mo 등[34]은 오미자식초 및 와인은 pH가 낮을수록 아질산염 소거능이 높은 것으로 나타났는데 이와 같은 결과는 낮은 pH에서 안정한 오미자의 anthocyanin 색소에 의한 것으로 보고하였고, Lee 등[28]은 녹차와 두충 등 다량의 아질산염 소거능에 미치는 영향을 분석한 결과 반응용액의 pH가 낮을수록 소거능은 높게 나타났으며, 아질산염 소거능에 영향을 주는 물질은 주로 phenolic 화합물이라고 보고하였다. 질산염 자체로는 독성이 없으나 타액이나 위 내에서 환원 세균 및 환원 효소 등의 작용에 의해 아질산염으로 환원되어 독성을 나타내는데, 질산염에 비해 아질산염은 반응성이 크므로 산성 영역에서 nitrous acid로 쉽게 전환되어 니트로산화 물질로써 작용할 수 있다[28]. 따라서 산성영역에서 N-nitrosoamine 생성을 억제하는 천연물을 탐색하는 연구가 계속되어 왔다[22].

NO assay 및 Cell viability

Nitric oxide는 cytokine 자극 또는 미생물 침입으로 인하여 세포가 활성화 되어 nitric oxide synthase에 의해 L-arginine 이 L-citrulline으로 변하는 과정에서 형성되는 활성 질소종의 하나이다[4]. RAW 264.7 대식세포는 LPS 자극에 의해 다량의 NO를 형성하며, NO는 자가 산화로 많은 종류의 질소화합물

을 형성하고 free radical의 형태로 조직에 작용하여 강한 세포 독성을 나타내는데, 이로 인한 세포독성은 세포 돌연변이, 염증반응, 종양 발생 등에 관여하는 것으로 알려져 있다[3, 12]. 본 연구에서는 참외식초의 항염증 활성을 측정하기 위하여 RAW 264.7 대식세포에 LPS를 처리하여 세포 내 NO 생성을 유도한 후 1% 및 2%의 참외식초를 대식세포에 처리하여 NO 합성에 미치는 영향을 알아보았다(Fig. 6A). 참외식초의 농도가 증가함에 따라 LPS에 의해 유도된 대식세포의 NO 합성은 유의적으로 감소하였는데($p < 0.05$), 1%에서 농도에서 MV-1, MV-2, MV-3의 NO 합성은 각각 33.03%와 70.73% 및 9.03%로 유의적인 차이가 있었다($p < 0.05$). 특히 누룩과 참쌀고두밥을 사용한 MV-3에서의 NO 합성은 LPS 처리군(44.35%)보다 79.75% 현저하게 감소하였다($p < 0.05$). Cell viability는 MTT 분석을 통해 측정하였으며 세포독성 실험을 수행한 결과는 Fig. 6B와 같다. 참외식초의 산도에 따라 다르지만 일반적으로 식

초의 농도가 1%-2% 범위에서는 RAW 264.7 대식세포가 성장하지만 그 이상의 농도에서는 급격히 감속하는 것으로 나타났다. 이러한 이유로 대부분 식초의 NO에 대한 연구는 발효가 끝난 식초 상등액을 여과한 후 동결 건조하여 분말형태로 만들어서 실험에 사용하였다[17, 42]. 그런데 이러한 연구 방법은 식초의 고유의 효능을 검정하는 데는 한계가 있는 것으로 사료된다. 본 연구결과 참외식초의 높은 항염증 효과를 활용한 제품개발 가능성이 높은 것으로 판단된다.

References

1. Blois, M. S. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* **26**, 1199-1200.
2. Budak, N. H., Aykin, E., Seydim, A. C., Greene, A. K. and Guzel-Seydim, Z. B. 2014. Functional properties of vinegar. *J. Food Sci.* **79**, 757-764.
3. Choi, J. T., Joo, H. K. and Lee, S. K. 1995. The effect of Schizandrae fructus extract on alcohol fermentation and enzyme activities of *Saccharomyces cerevisiae*. *Agri. Chem. Biotech.* **38**, 278-282.
4. Choi, M. H., Kim, M. J., Jeon, Y. J. and Shin, H. J. 2014. Quality changes of fresh vegetable and fruit juice by various juicers. *Kor. Soc. Biotechnol. Bioeng. J.* **29**, 145-154.
5. Chun, H., Choi, Y. H., Um, Y. C., Paek, Y., Yu, I. H., You, H. Y., Hyun, T. S., Yon, M. Y. and Shin, Y. S., 2008. Folate contents of oriental melon (*Cucumis melo*) cultivated in greenhouse covered with different films and varieties. *J. Bio-Env. Conl.* **17**, 32-37.
6. Gray, J. I. and Dugan, J. R. L. R. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J. Food Sci.* **40**, 981-984.
7. Han, J. H., Moon, H. K., Chung, S. K. and Kang, W. W. 2015. Comparison of physiological activities of Radish Bud (*Raphanus sativus* L.) according to extraction solvent and sprouting period. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **44**, 549-556.
8. Heo, S. J., Park, E. J., Lee, K. W. and Jeon, Y. J. 2005. Antioxidant activities of enzymatic extracts from brown seaweeds. *Bioresource Technol.* **96**, 1613-1623.
9. Hong, D. W., Shin, S. W. and Chun, J. Y. 2017. Physicochemical properties of commercial citrus fruit vinegar products. *Kor. J. Food Cook Sci.* **33**, 420-426.
10. Hong, S. M., Moon, H. S., Lee, J. H., Lee, H. I., Jeong, J. H., Lee, M. K. and Seo, K. I. 2012. Development of functional vinegar by using cucumbers. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 927-935.
11. Hwang, H. Y., Ha, H. T., Ha, S. B., Seong, G. U., Hwang, I. W. and Chung, S. K. 2015. Quality characteristics and antioxidant capacities of oriental melon wine depending on pretreatments. *Kor. J. Food Preserv.* **22**, 421-427.
12. Jeong, H. J., Sung, M. S., Kim, Y. H., Ham, H. M., Choi, Y. M. and Lee, J. S. 2012. Anti-inflammatory activity of *Salvia plebeia* R. Br. leaf through heme oxygenase-1 induction in LPS-stimulated RAW264.7 macrophages. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 888-894.

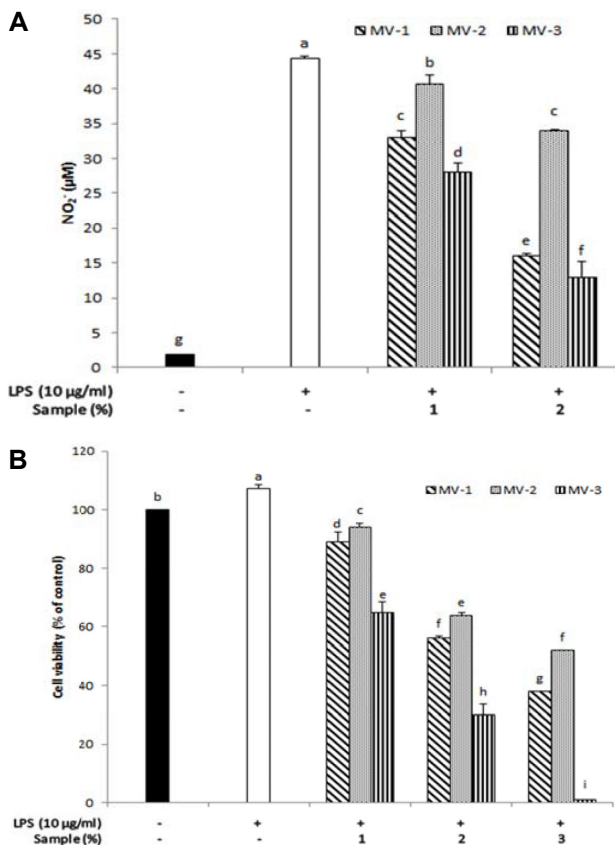


Fig. 6. Effects of muskmelon vinegars manufactured with different methods on NO synthesis (A) and cell viability (B) in bacterial LPS-stimulated RAW264.7 cells. RAW264.7 cells were cultured for 24 hr with various concentration of PBE in the presence of LPS (10 µg/ml). Cytotoxicity was determined by MTT assay. NO release was measured using the method of Griess (nitrite). Results are mean ± S.D. of triplicate data. Different letters (a-h) within a total sample differ significantly ($p < 0.05$).

13. Jeong, Y. J., Seo, J. H. Jung, S. H., Shin, S. R. and Kim, K. S. 1998. The quality comparison of uncleaned rice vinegar by two stages fermentation with commercial uncleaned rice vinegar. *Kor. J. Postharvest Sci. Technol.* **5**, 374-379.
14. Joo, K. H., Cho, M. H., Park, K. J., Jeong, S. W. and Lim, J. H. 2009. Effects of fermentation method and brown rice content on quality characteristics of brown rice vinegar. *Kor. J. Food Preserv.* **16**, 33-39.
15. Kang, K. O. 2011. Physiological and antioxidant activities of green, oolong and black tea extracts. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **21**, 243-249.
16. Kee, J. Y., Kim, M. O., You, I. Y., Chai, J. Y., Hong, E. S., An, S. C., Kim, H., Park, S. M., Youn, S. J. and Chae, H. B. 2003. Effects of genetic polymorphisms of ethanol-metabolizing enzymes on alcohol drinking behaviors. *Kor. J. Hepatol.* **9**, 89-97.
17. Kim, D. S. and Shin, K. S. 2014. Chemical property and macrophage stimulating activity of polysaccharides isolated from brown rice and persimmon vinegars. *Kor. J. Food Nutr.* **27**, 1033-1042.
18. Kim, H. S. and Kang, H. W. 2010. Antioxidant activity of ethanol extracts of non-edible parts (stalk, stem, leaf, seed) from oriental melon. *Kor. J. Plant Res.* **23**, 451-457.
19. Kim, H. S., Hong, M. J., Kang, I. Y., Jung, J. Y., Kim, H. K., Shin, Y. S., Jun, H. J., Suh, J. K. and Kang, Y. H. 2009. Radical scavenging activities and antioxidant constituents of oriental melon extract. *J. Bio-Env. Con.* **18**, 442-447.
20. Kim, H. S., Ku, K. M., Suh, J. K. and Kang, Y. H. 2009. Quinone reductase inductive activity and growth inhibitory effect against hepatoma cell of oriental melon extract. *J. Bio-Env. Con.* **18**, 448-453.
21. Kim, S. H., Choi, D. S., Athukorala, Y., Jeon, Y. J., Senevirathne, M. and Rha, C. K. 2007. Antioxidant activity of sulfated polysaccharides isolated from *Sargassum fulvellum*. *J. Food Sci. Nutr.* **12**, 63-73.
22. Kim, S. M., Cho, Y. S. and Sung, S. K. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **33**, 626-632.
23. Kim, T. Y., Kim, S. B., Jeong, Y. J., Shin, J. S. and Park, N. Y. 2003. Quality properties of Takju mash vinegar added muskmelon. *Kor. J. Food Preserv.* **10**, 522-526.
24. Kim, Y. S. 2017. Optimization of fermentation conditions of burdock vinegar and effect on anti-obesity of fermented vinegar. M.S. Dissertation, Daegu University, Daegu, Korea.
25. Koivula, T. and Koivusalo, M. 1975. Different from of rat liver aldehyde dehydrogenase and their subcellular distribution. *Biochim. Biophys. Acta* **397**, 9-23.
26. Lee, G. H., Kwon, S. H., Lee, M. H., Kim, S. K. and Kwon, J. H. 2002. Monitoring on alcohol and acetic acid fermentation properties of muskmelon. *Kor. J. Food Sci.* **34**, 30-62.
27. Lee, M. K., Choi, S. R., Lee, J., Choi, Y. H., Lee, J. H., Park, K. U., Kwon, S. H. and Seo, K. I. 2012. Quality characteristics and anti-diabetic effect of yacon vinegar. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **41**, 79-86.
28. Lee, S. J., Shin, J. H., Chung, M. J. and Sung, N. J. 2000. Effect of natural foods on the inhibition of N-nitrosodimethylamine formation. *J. Fd. Hyg. Saf.* **15**, 95-100.
29. Lee, Y. C. and Lee, J. H. 2000. A manufacturing process of high-strength vinegar. *Food Industry Nutr.* **5**, 13-17.
30. Maisuthisakul, P., Suttajit, M. and Pongsawatmanit, R. 2007. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants. *Food Chem.* **100**, 1409-1418.
31. Matsukawa, R., Dubinsky, Z., Kishimoto, E., Masaki, K., Masuda, Y. and Takeuchi, T. 1997. A comparison of screening methods for antioxidant activity in seaweeds. *J. Appl. Phycol.* **9**, 29-35.
32. McCartney-Francis, N., Allen, J. B., Mizel, D. E., Albina, J. E., Xie, Q. W., Nathan, C. F. and Wahl, S. M. 1993. Suppression of arthritis by an inhibitor of nitric oxide synthase. *J. Exp. Med.* **178**, 749-754.
33. Miro, M. 1995. Cucurbitacins and their pharmacological effects. *Phytotherapy Res.* **9**, 159-168.
34. Mo, H. W., Jung, Y. H., Jeong, J. S., Choi, K. H., Choi, S. W., Park, C. S., Choi, M. A., Kim, M. L. and Kim, M. S. 2013. Quality characteristics of vinegar fermented using omija (*Schizandra chinensis* Baillon). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **42**, 441-449.
35. Moncada, S., Palmer, R. M. and Higgs, E. A. 1991. Nitric oxide: physiology, pathophysiology, and pharmacology. *Pharmacol. Rev.* **43**, 109-142.
36. Moon, S. Y., Chung, H. C. and Yoon, H. N. 1997. Comparative analysis of commercial vinegars in physicochemical properties, minor components and organoleptic tastes. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **29**, 663-670.
37. Nathan, C. 1992. Nitric oxide as a secretory product of mammalian cells. *FASEB J.* **2**, 3051-3064.
38. Park, E. H., Choi, C. Y., Kwon, H. J. and Lim, M. D. 2016. Literature review on type and manufacturing methods of Korean traditional vinegar. *Food Service Industry* **49**, 94-99.
39. Park, E. M., Lee, H. J. and Chung, Y. K. 2015. Quality characteristics and antioxidant activity of brown rice pear vinegar. *J. East Asian Soc. Dietary Life* **25**, 1041-1048.
40. Park, S. C. 1993. Ethanol oxidation is accelerated by augmentation of malate-aspartate shuttle with aspartate. *Kor. J. Biochem.* **25**, 137-143.
41. Park, S. S., Park, N., Kang, J. U., Shin, S. C. and Lee, D. U. 2009. Cognition enhancing effect of muskmelon (*Cucumis melo*) extracts on scopolamine - induced memory impairment in mice. *J. Life Sci.* **19**, 688-691.
42. Park, Y. H., Choi, J. H., Whang, K., Lee, S. O., Yang, S. A. and Yu, M. H. 2014. Inhibitory effects of lyophilized dropwort vinegar powder on adipocyte differentiation and inflammatory. *J. Life Sci.* **24**, 476-484.
43. Racker, E. 1955. Alcohol dehydrogenase from bakers yeast. *Methods Enzymol.* **1**, 500-506.
44. Shin, Y. S., Lee, J. E., Yeon, I. K., Do, H. W., Cheong, J. D., Kang, C. K., Choi, S. Y., Youn, S. J., Cho, J. G. and Kwoen, D. J. 2008. Antioxidant and antimicrobial effects of extracts with water and ethanol of oriental melon (*Cucumis melo* L. var *makuwa* Makino) extracts. *J. Kor. Soc. Appl. Biol. Chem.* **51**, 194-199.

45. Shin, Y. S., Lee, J. E., Yeon, I. K., Do, H. W., Cheong, J. D., Kang, C. K., Choi, S. Y., Youn, S. J., Cho, J. G. and Kwoen, D. J. 2008. Antioxidant effects and tyrosinase inhibition activity of oriental melon (*Cucumis melo* L. var *makuwa* Makino) extracts. *J. Life Sci.* **18**, 963-967.
46. Sim, H. J., Seo, W. T., Choi, M. H., Kim, K. H., Shin, J. H. and Kang, M. J. 2016. Quality characteristics of vinegar added with different levels of black garlic. *Kor. J. Food Cook Sci.* **32**, 16-26.
47. Singleton, V. L., Orthofer, R. and Lamuela-Raventos, R. M. 1999. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *Methods Enzymol.* **299**, 152-178.
48. Wakimoto, N., Yin, D., O'Kelly, J., Haritunians, T., Karlan, B., Said, J., Xing, H. and Koeffler, H. P. 2008. Cucurbitacin B has a potent antiproliferative effect on breast cancer cells *in vitro* and *in vivo*. *Cancer Sci.* **99**, 1793-1787.
49. Weisz, A., Cicatiello, L. and Esumi, H. 1996. Regulation of the mouse inducible-type nitric oxide synthase gene promoter by interferon-gamma, bacterial lipopolysacchride and NG-monomethyl-L-arginine. *Biochem. J.* **316**, 209-215.
50. Yang, S., Chang, Y., Zheng, L., Wei, Z., Qu, H. and Cao, S. 2005. Protective effects of cucurbitacin B on the acute alcohol liver injury induced by CCl₄. *Shin Kexue* **26**, 524-526.
51. Yi, M. R., Hwang, J. H., Oh, Y. S., Oh, H. J. and Lim, S. B. 2014. Quality characteristics and antioxidant activity of immature *Citrus unshiu* vinegar. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **43**, 250-257.

초록 : 전통적인 발효 방법으로 제조된 참외식초의 기능적 특성

정경임¹ · 하나연² · 최영주^{1*}

(¹신라대학교 식품영양학과, ²한국전통발효문화연구원)

본 연구에서는 다양한 방법으로 제조한 참외식초의 이화학적 특성과 항산화 작용, 알코올 대사 효소 활성 및 RAW 264.7 세포에서의 항염증 활성에 미치는 영향을 알아보았다. 각기 다른 방법으로 제조한 참외식초의 총 산도는 MV-1은 4.00%, MV-2는 4.32%, MV-3은 4.35%로 나타났다. 유기산 측정결과 MV-1은 malic acid (58.37 mg/ml), MV-2 (46.95 mg/ml)와 MV-3 (66.70 mg/ml)는 acetic acid가 가장 높게 나타났다. 참외식초의 총 페놀 함량은 MV-3에서 129.74 µg TAE/ml로 가장 높게 나타났다($p < 0.05$). 참외식초의 DPPH radical 소거능은 농도 의존적으로 증가하였으며($p < 0.05$), MV-3 40% 농도에서 89.28%로 가장 높게 나타났다. SOD 활성은 농도 의존적으로 증가하였으며($p < 0.05$), 60% 농도에서의 MV-1와 MV-2 및 MV-3는 각각 40.84%, 52.17%, 72.55%로 나타났다($p < 0.05$). 참외식초의 ADH 및 ALDH 활성은 농도 의존적으로 증가하였으며, 60% 농도에서의 ADH 활성은 MV-1에서 136.58%로 가장 높게 나타났고, ALDH 활성은 MV-2에서 100.25%로 나타났다. 아질산염 소거능 분석에서는 pH 1.2에서 MV-1, MV-2, MV-3 각각 81.58%와 94.72% 및 87.75%로 나타났다. 참외식초의 항염증 활성 측정을 위하여 LPS로 유도된 RAW 264.7 cell의 NO 합성을 측정된 결과, 1%에서 농도에서 MV-1, MV-2, MV-3의 NO 합성은 각각 25.93%와 10.01% 및 79.75% 감소하였다($p < 0.05$). 이상의 결과와 같이 참외 꼭지를 포함하여 0.5 cm 두께로 슬라이스한 참외와 찹쌀고두밥 및 누룩을 이용하여 전통적인 방법으로 제조한 MV-3는 항산화 및 항염증 활성이 높은 것으로 나타났기에 기능성 건강음료로서의 가능성이 높은 것으로 판단된다.