

## Effect of Fermented Ice Plant Extract on the Inhibition of Triglyceride and Cholesterol Synthesis and Tyrosinase Activity

Sanghae Nam<sup>1\*</sup>, Seonjeong Kim<sup>2</sup> and Keunhee Ko<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Division of Food Science, Gyeongnam National University of Science & Technology, Jinju 52725, Korea

<sup>2</sup>Gyeongnam Oriental Anti-aging Institute, Sancheong-gun, Gyeongsangnamdo 52215, Korea

Received May 24, 2019 / Revised June 16, 2019 / Accepted June 20, 2019

This study investigated changes in triglyceride and cholesterol synthesis and tyrosinase activity induced by ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) extract, which cannot be stored for long periods of time due to its high moisture content when it was fermented to improve its storage stability. The accumulation of triglyceride and cholesterol in HepG2 cells inhibited the accumulation with a relatively large magnitude in n-butanol and aqueous fractions that generally have high polarity, however, changes in inhibition potency due to the fermentation were not significant. As for the effect to inhibit tyrosinase activity, when L-tyrosine was used as a substrate, the inhibitory activity was the highest for the aqueous fraction at 60.58±4.03% and 63.35±4.35%, before and after fermentation, respectively, which amounted to 72% of that of the positive control group (arbutin, 100 µg/ml). In addition, when L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA) was used as a substrate, the inhibitory activity was also found the highest for the aqueous fraction at 56.85±1.57% and 59.38±1.74%, before and after fermentation, respectively, which amounted to at least 88% of that in the positive control (kojic acid, 100 µg/ml). Overall, the activity of the fermented ice plant extract was similar or a little higher compared to that of the one without fermentation, indicating that fermentation can be a good approach to improve the storage stability of the ice plant.

**Key words** : Cholesterol synthesis, cyclitol compounds, Ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.), triglycerides, tyrosinase activity

### 서 론

위생의식과 생활수준의 향상으로 인간의 평균수명은 크게 늘어났으나, 인스턴트 가공식품의 소비증대와 육식을 많이 섭취하는 서구형의 식생활 패턴으로 인해 대사성 질환이 급격히 늘어나고 있는 추세이다[16]. 이러한 대사성 질환은 심장병이나 뇌졸중의 발생 위험을 증가시키며, 당뇨 및 고혈압을 유발하여 사망 위험을 증가시킨다[6, 25]. 고지혈증(hyperlipidemia)은 대사성 질환의 주요 유발요인 중의 하나이며 지방질의 과잉섭취, 저밀도 지단백(low density lipoprotein, LDL)의 증가, 고밀도 지단백(high density lipoprotein, HDL)의 감소, 또는 지방의 생화학적 대사 이상에 의한 것으로 알려져 있으며, 이로 인하여 총 콜레스테롤, 중성지방, 인지질 등의 혈중 농도가 높은 상태가 되는 것을 말한다[18].

Melanin은 자외선으로부터 피부를 보호하는 중요한 역할

을 하지만, 기미, 주근깨 등의 형태로 생성되어 피부에 침착된 melanin은 피부암과 같은 질병과 주름 발생으로 인한 노화의 원인이 된다[3, 22]. 또한 페놀성 화합물을 함유한 과채류와 이를 이용하여 만든 음료의 효소적 갈변화로 생성된 melanin은 상품의 가치 하락과 영양학적인 손실을 가져오기도 한다[11]. Melanin의 생성은 tyrosinase에 의해서 tyrosine이 L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA)으로 전환되고, 이어서 L-DOPA가 L-DOPA quinone으로 산화되는 과정 등을 거쳐서 생합성된다. Tyrosine이 L-DOPA로 대사되는 가역적인 산화반응과정이 melanin 합성의 초기속도결정 단계이며, tyrosinase 이외에도 tyrosinase related protein-1 (TRP-1), TRP-2와 dopachrome tautomerase (DCT) 등이 melanin 생성에 관여한다고 알려져 있다[21, 23]. 최근에는 식용으로 이용되는 작물의 생리활성 물질에 대한 관심이 높아지고 있으며, 천연물 유래의 cholesterol 합성억제제[14] 및 tyrosinase 활성억제제 개발[4, 7, 23]에 많은 관심을 기울이고 있다.

아이스플랜트(*Mesembryanthemum crystallinum* L.)는 일본에서 성인병 예방에 탁월한 고기능성 식물로 알려져 있으며, 국내에서도 최근에 기능성 작물로 각광받고 있다[1, 9, 10, 20]. 아이스플랜트는 변형초과(*Aizoaceae*) 술잎채송화속의 1년생 초목으로 이노시톨류, 베타카로틴과 같은 인체에 유용한 성분과 각종 미네랄을 함유하고 있으며, 항산화, 혈당저하, 항균효

#### \*Corresponding author

Tel : +82-55-751-3274, Fax : +82-55-751-3279

E-mail : shnam@gntech.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.

과 등 다양한 생리활성 효과를 가지는 것으로 보고되고 있다 [9, 10, 15, 20]. 아이스플랜트의 다양한 효능이 알려지면서 우리나라에서도 다량 재배하는 농가가 늘고 있으며 소비량도 조금씩 증가하고 있다. 그러나 아이스플랜트에 대한 연구는 아직 미비한 실정이지만, 생화학적 성분 및 항산화활성 연구 [10], 고혈압과 비만에 대한 효능 연구와 지방생성 예방 및 지방분해력의 증가 등의 일부 보고가 있다 [9, 12]. 그러나 발효 아이스플랜트의 생리활성에 대한 연구는 항산화활성, 항당뇨 및 간보호효과에 대한 연구가 있을 뿐이다 [20]. 한편 아이스플랜트는 채소와 유사하여 수분함량이 높아 장기간 보관이 어려운 문제점이 있으므로 본 연구에서는 이를 보완하고자 발효하여 저장성을 높이려고 하였으며, 발효에 의한 생리활성의 변화를 알아보기 위하여 추출용매에 따른 콜레스테롤의 합성억제와 tyrosinase 저해 활성을 조사하였고 발효 아이스플랜트의 생리활성 효과에 기초자료를 제공하고 기능성 식품 소재로의 우수성을 알아보고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료 및 시약

Dubelco's modified Eagle's medium (DMEM), phosphate buffered saline (PBS), fetal bovine serum (FBS)은 Welgene Inc. (Daegu, Korea)에서 구입하였다. Dimethylsulfoxide (DMSO), trimethyl silylimidazole (TMSI), pyridine, L-tyrosine, tyrosinase, L-3,4-dihydroxyphenylalanine (L-DOPA), arbutin, kojic acid 및 (4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyl-tetrazolium bromide (MTT)는 Sigma-Aldrich사(St. Louis, MO, USA)에서 구입하여 사용하였다. 기타 유기용매는 Tokyo chemical company (Chuo-ku, Tokyo, Japan)에서 구입하였다. 본 실험에 사용한 아이스플랜트는 송이에농장(Sacheon, Korea)으로부터 구입하였으며, human liver hepatocellular carcinoma cell line (HepG2)는 한국세포주 은행에서 분양받아 사용하였다. 또한 중성지방 측정 키트(AM101-L, Asan Pham. Co., Ltd., Hwaseong, Korea)와 콜레스테롤 정량 키트(cholesterol / cholesterol ester quantitation kit, BioVision, Mountain View, CA, USA)를 사용하였다.

### 아이스플랜트의 발효 및 시료의 조제

아이스플랜트 1 kg에 대하여 5% 소금물 3 l를 가하여 10시간 침지하였다. 이후 시료를 건져내어 표면에 묻은 소금기를 증류수로 가볍게 행구었으며 15±1℃에서 두면서 4일간 발효시켰다. 발효기간은 전편의 연구결과에 따라 적정 발효기간을 결정하였다 [20]. 발효 후에 식품건조기(LD-918TH, L'EQUIP, Seoul, Korea)로서 건조하여 시료로 사용하였다. 시료는 발효하지 않은 아이스플랜트를 그대로 건조한 것을 IP, 발효 후 건조한 아이스플랜트를 IPF라고 하였으며, 발효 전 후의 건조

한 아이스플랜트 시료분말 20 g에 각각 300 ml의 methanol을 가하여 5시간 실온에 방치하여 3회 반복추출하고 여과농축하여 methanol 추출물을 조제하였다. 이 methanol 추출물을 물로서 현탁하고 n-hexane, chloroform, ethylacetate, n-butanol의 순으로 극성을 높여가며 순차적으로 용매분획하였다. 최종적으로 남은 부분을 aqueous 분획으로 하였다. 분획된 각각의 시료는 용매를 제거하고 DMSO에 재용해하여 콜레스테롤 합성 및 tyrosinase 활성억제 등의 생리활성 실험에 사용하였다.

### Organic acid 분석

유기산의 분석을 위하여 발효 전 후의 아이스플랜트 건조시료 분말에 0.1% phosphoric acid 용액을 가하고 30℃에서 2시간 방치하고 여과하여 추출한 후에 0.2 µm membrane filter (SmartPor-II Syringe filter, Woongki science, Seoul, Korea)로서 여과하였다. 유기산 함량은 HPLC (Agilent 1260 series, Agilent Co., Santa Clara, CA, USA)로 분석하였다. Analytical column은 Supercogel C-610H column (7.8×300 mm, Supelco, Bellefonte, PA, USA), column 온도는 30℃, mobile phase는 0.1% phosphoric acid이었고, flow rate 0.5 ml/min, injection volume 10 µl이었다. 분리된 유기산은 UV 210 nm에서 검출하였다. 한편 농도별로 분석한 유기산 표준물질은 농도에 따른 peak의 면적으로 표준곡선을 작성하여 각각의 유기산을 정량하는데 적용하였다 [20].

### Cyclitols 분석

발효 전 후의 아이스플랜트 건조시료 분말에 1 g에 40 ml의 추출용매(water : ethanol = 1 : 1, v/v)를 가하고 100℃의 water bath에서 1시간 가열하여 cyclitol 화합물을 추출하였다. 그리고 원심분리(4,000 rpm, 20 min)하여 cyclitol 화합물이 용출된 상등액을 취한 후 vacuum concentrator (MAXI dry lyo, Heto-Holten, Gydevang, Denmark)로 추출용액을 완전히 제거하였다. 이어서 시료에 TMSI : pyridine mixture (1:1, v/v) 200 µl를 가하고 heating block (70℃, 30 min)에서 유도체화 반응을 진행한 후, gas chromatograph로서 분석하였다 [2]. 즉 HP-5 capillary column (0.32 mm i.d.×30 m, 0.25 µm film thickness, J&W Scientific, Folsom, CA, USA)과 불꽃이온화검출기(FID)가 장착된 gas chromatograph (Model 6890, Agilent Technologies, Palo Alto, CA, USA)를 사용하였고, injector 및 detector의 온도는 각각 280과 300℃로 설정하였으며, column oven의 온도는 150℃에서 7.5℃/min으로 하여 300℃까지 상승시켰다. Carrier gas는 He, flow rate는 1 ml/min, split ratio는 1:50, 시료의 주입량은 1 µl로 하였다 [20].

### 세포(HepG2)의 배양

Cholesterol의 합성억제에 미치는 영향을 알아보고자 HepG2 세포를 한국세포주 은행에서 분양받아 실험에 사용하

였다. HepG2 세포의 배양은 10% FBS와 1% P/S가 첨가된 DMEM에 배양하였다. 배양된 HepG2 세포가 80% 정도 배양 플라스크 바닥에 유착되었을 때 PBS로 세척한 후 0.5% trypsin-EDTA를 처리하여 CO<sub>2</sub> incubator (37°C, 5% CO<sub>2</sub>)에서 정지하여 세포를 떼어내어 1,000 rpm에서 3분 동안 원심분리하여 모은 세포를 8×10<sup>4</sup> cell/well이 되도록 희석하여 T-75 flask에 분주하여 2일 간격으로 계대배양하였다[14, 19].

**세포독성실험(MTT assay)**

발효 전 후의 아이스플랜트 용매분획추출물에 의한 HepG2 세포의 세포독성을 확인하기 위해 MTT assay를 수행하였다[9]. 즉 세포를 24-well plate에 2×10<sup>4</sup> cells/well로 분주하여 10% FBS가 포함된 DMEM을 넣어 24시간 동안 안정화시킨 후, 시료를 농도별로 처리하여 5% CO<sub>2</sub>, 37°C에서 다시 24시간 배양하였다. 이어서 배지를 제거하고 5 mg/ml 농도의 MTT solution 200 µl를 각각 첨가하여 4시간 동안 배양한 후에 용액을 제거하고 PBS로 세척한 후, DMSO 1 ml를 가하여 생성된 formazan 결정을 용해하여 540 nm의 microplate reader (EL 800, BioTek, Winooski, PA, USA)로서 흡광도를 측정하였다.

$$\text{Cell viability (\%)} = [1 - (A - B) / A] \times 100$$

A: 음성대조구의 흡광도, B: 시료처리구의 흡광도

**세포 내 중성지방 함량 측정**

HepG2 세포를 24 well plate에 3×10<sup>5</sup> cell/ml로 분주하여 24시간 배양 한 것에 발효 전 후의 아이스플랜트 용매분획추출물을 농도별로 처리하였다. 처리 24시간 후 배양액과 세포를 균질화 한 다음 Folch법[5]에 따라 세포 균질물에 methanol과 chloroform 혼합액을 가하여 지방성분을 추출하였으며, 지방추출물은 isopropanol에 희석하여 -80°C에 보관하였다. 총 중성지방은 중성지방 측정 키트(AM101-L)를 이용하여 측정하였다.

**세포 내 Cholesterol 함량 측정**

HepG2 세포를 24 well plate에 3×10<sup>5</sup> cell/ml로 분주하여 24시간 배양한 것에 발효 전 후의 아이스플랜트 용매분획추출물을 농도별로 처리하였다. 처리 24시간 후 세포배양액을 vacuum concentrator를 사용하여 건조시켰다. 총 콜레스테롤의 함량의 측정은 콜레스테롤 정량 키트(BioVision, Mountain View, CA, USA)를 사용하였다[14]. 즉 건조된 세포배양체에 콜레스테롤 정량 시약 반응액을 섞은 후 빛을 차단하고 37°C에서 1시간 동안 배양하여 530/590 nm microplate reader를 이용해 측정하였다.

$$\text{Cholesterol 합성 저해율(\%)} = [(대조군 \text{ 흡광도} - \text{시료첨가군} \text{ 흡광도}) / \text{대조군} \text{ 흡광도}] \times 100$$

**Tyrosinase 활성억제효과**

발효 전 후의 아이스플랜트 용매분획추출물의 melanin 합성 저해능을 평가하기 위해 L-tyrosine과 L-DOPA를 기질로 사용하여 490 nm에서 dopachrome의 형성을 확인하는 방법으로 tyrosinase의 활성 저해능을 측정하였다[17]. 우선 기질로서 L-tyrosine을 사용할 경우에는 1.66 mM L-tyrosine 용액 50 µl과 500 µg/ml의 아이스플랜트 용매분획추출물 50 µl에 tyrosinase (200 unit/ml) 50 µl를 첨가하여 상온에서 30분 동안 반응시켰다. 반응 후 490 nm에서 흡광도를 측정한 후 효소 활성 저해는 시료용액의 첨가구의 무첨가구에 대한 흡광도 감소율로 나타내었다.

아이스플랜트 용매추출물은 천연물인 혼합추출물이므로 양성대조군에 비하여 높은 농도인 500 µg/ml의 농도로 사용하였다. 한편 L-DOPA를 기질로 사용할 경우에는 아이스플랜트 용매분획추출물 50 µl와 8.3 mM의 L-DOPA 용액 120 µl의 혼합액에 40 µl의 tyrosinase (125 unit/ml)를 첨가하여 상온에서 30분 동안 반응시켰다. 반응 후 동일한 방법으로 효소활성 저해능을 측정하였다. 한편 L-tyrosine을 기질로 사용했을 때는 arbutin (100 µg/ml)을, L-DOPA를 기질로 사용했을 때는 kojic acid (100 µg/ml)을 양성대조군으로 이용하였다. L-tyrosine과 L-DOPA산화를 일으키는 tyrosinase의 활성저해능은 다음과 같은 방법으로 나타내었다.

$$\text{효소활성 저해(\%)} = (1 - \text{시료첨가군} \text{ 흡광도} / \text{무첨가군} \text{ 흡광도}) \times 100$$

**통계처리**

모든 분석자료는 평균±표준오차로 나타내었으며, 실험결과에는 SPSS (SPSS inc, Chicago IL, USA) program Ver. 21.0을 이용하여 p<0.05 수준에서 통계처리하였고, Duncan's multiple range test로 시료 간의 유의차를 검정하였다.

**결과 및 고찰**

**추출수율**

발효 전 후의 아이스플랜트 건조시료 분말 20 g으로부터 각각 7.88%과 7.41%의 methanol 추출물을 얻었다. 이어서

Table 1. Extraction yield of *Mesembryanthemum crystallinum* L. by solvent fractionation

Samples	Extraction yield (mg)	
	IP <sup>1)</sup>	IPF <sup>2)</sup>
n-Hexane fraction	92.2	105.0
Chloroform fraction	146.1	127.7
Ethylacetate fraction	209.7	199.8
n-Butanol fraction	382.0	354.0
Aqueous fraction	440.3	391.2

<sup>1)</sup>Ice plant, <sup>2)</sup>Fermented ice plant.

Table 2. Organic acid compositions of *Mesembryanthemum crystallinum* L.

Organic acids	Organic acid contents (mg/g)	
	IP	IPF
Oxalic acid	1.84±0.28 <sup>1)B2)</sup>	0.82±0.05 <sup>E</sup>
Citric acid	nd <sup>3)</sup>	0.83±0.20 <sup>DE</sup>
Malic acid	nd	6.49±0.63 <sup>C</sup>
Ascorbic acid	10.16±0.21 <sup>A</sup>	12.43±0.29 <sup>B</sup>
Lactic acid	nd	23.67±3.74 <sup>A</sup>
Acetic acid	nd	1.39±0.47 <sup>D</sup>
Total	12.00±0.49	45.63±5.83

<sup>1)</sup>The values represent the mean ± SD (n=3).

<sup>2)</sup>Different capital letters within a same sample are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p<0.05$ .

<sup>3)</sup>No detected.

methanol 추출물에 대한 용매분획을 실시하여 얻은 분획별 추출수율은 Table 1과 같이 용매의 극성이 높을수록 많았다. 각 분획별 추출물의 수율은 발효 전 후의 aqueous 분획에서 각각 440.3 mg과 391.2 mg으로 가장 많은 추출물을 얻었으며, n-hexane 분획에서 92.2 mg과 105 mg으로 가장 적은 추출물을 얻었다.

#### Organic acid 함량

아이스플랜트의 발효 진행정도를 확인하기 위하여 발효과정 중에 생성된 유기산의 함량을 분석하였다. Table 2에 나타난 바와 같이 발효 전의 아이스플랜트에서는 oxalic acid와 ascorbic acid만 각각 1.84±0.28와 10.16±0.21 mg/g이 검출되었으나, 4일간 발효 후에 새로 생성된 유기산은 lactic acid가 23.67±3.74 mg/g으로 가장 많았으며, 다음으로 malic acid, acetic acid citric acid의 순이었다. 한편 ascorbic acid는 발효 후에 약간 증가하였으나 oxalic acid는 1.84±0.28 mg/g에서 0.82±0.05 mg/g으로 오히려 약간 감소하였다. Nam 등[20]의 연구에 의하면 아이스플랜트 발효 중에 조사한 6종의 유기산이 모두 증가하였다고 보고하고 있으며, Yoon 등[24]은 현미 식초의 발효과정에서 유기산의 생성에서 oxalic acid와 malic acid는 발효초기에 약간 늘어났다가 발효가 진행됨에 따라 감소하는 경향을 보였다고 보고하였다. 이는 발효에 관련한 미생물과 온도 습도 등의 발효조건이 약간 상이하기 때문인 것으로 생각되며 대부분의 유기산이 증가하는 경향은 일치하였다. 본 연구에서도 oxalic acid를 제외한 5종의 유기산이 크게 증가하여 발효가 상당히 진행되었음을 알 수 있었다.

#### Cyclitols 함량

Table 3에는 발효 전후의 아이스플랜트로부터 cyclitol 화합물들의 함량변화를 나타내었다. D-pinitol을 비롯한 myo-inositol, D-chiro-inositol은 아이스플랜트의 항산화 및 항당뇨효과를 나타내는 유효성분으로 알려져 있다[15, 20]. 발효기간

Table 3. Cyclitol compounds compositions of *Mesembryanthemum crystallinum* L.

Cyclitol compounds	Contents of cyclitol compounds (mg/g)	
	IP	IPF
D-pinitol	6.670±0.187 <sup>1)A2)a3)</sup>	5.541±0.088 <sup>Ab</sup>
myo-inositol	0.653±0.022 <sup>Cb</sup>	0.689±0.013 <sup>Ca</sup>
D-chiro-inositol	3.848±0.216 <sup>Bb</sup>	4.945±0.098 <sup>Ba</sup>
Total	11.261±0.382	11.176±0.155

<sup>1)</sup>The values represent the mean ± SD (n=3).

<sup>2)</sup>Different capital letters within a same sample are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p<0.05$ .

<sup>3)</sup>Different small letters within a same component are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p<0.05$ .

중 D-pinitol은 발효 전 6.670±0.187 mg/g이었으나 발효 후에는 5.541±0.088 mg/g으로 약간 감소하였다. 그러나 myo-inositol과 D-chiro-inositol은 각각 발효 전 0.653±0.022 mg/g와 3.848±0.216 mg/g에서 발효 후에 0.689±0.013 mg/g과 4.945±0.098 mg/g으로 약간 증가하였다. 이는 Nam 등이 보고한 내용과 일치하였으며, D-pinitol에 결합되어 있는 methyl기가 발효가 진행됨에 따라 가수분해되어 주로 D-chiro-inositol로, 일부는 myo-inositol로 전환된 것으로 이해하였다[20]. 그러나 전체 cyclitol 화합물의 함량은 발효 전과 후에 각각 11.261±0.382 mg/g과 11.176±0.155 mg/g으로 큰 변화가 없었다. 따라서 발효에 의한 아이스플랜트의 생화학적 활성은 차이가 크지 않을 것으로 생각되었다.

#### 세포생존율 측정

HepG2 세포에 대한 발효 전과 후의 아이스플랜트 용매분획추출물을 농도별로 처리한 후, 24시간 배양한 다음 MTT assay로 세포생존율을 측정된 결과는 Table 4와 같았다. 즉 추출물을 처리하지 않은 대조군의 생존율을 100%로 하였을 때, 농도별 추출물을 처리한 모든 군에서 80% 이상의 생존율을 나타내었으며 200 µg/ml 이하의 농도로 처리한 군에서는 모든 용매분획물에서 90% 이상 생존하였다. 따라서 아이스플랜트 용매분획추출물은 HepG2 세포에 대한 세포독성이 거의 없음을 인정하였다. 본 연구에서 중성지방과 콜레스테롤 합성억제효과는 200 µg/ml 이하로 처리농도를 설정하여 실험을 진행하였다.

#### 세포 내 중성지방 함량 측정

발효 전 후의 아이스플랜트 용매분획추출물을 HepG2 세포에 농도별로 처리하였을 경우, 세포 내 축적된 중성지방의 정도를 시료를 처리하지 않은 대조군에 비하여 감소한 정도를 Fig. 1에 나타내었다. 그 결과 세포 내 중성지방의 함량은 대조군에 비하여 시료를 처리한 농도에 비례하여 감소폭이 큰 것

Table 4. Cell viabilities of solvent fractions from *Mesembryanthemum crystallinum* L. against HepG2 by MTT assay

Treated conc. ( $\mu$ g/ml)	Cell viabilities (%)									
	IP-H <sup>1)</sup>	IP-C <sup>2)</sup>	IP-E <sup>3)</sup>	IP-B <sup>4)</sup>	IP-W <sup>5)</sup>	IPF-H	IPF-C	IPF-E	IPF-B	IPF-W
10	99.33 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.61$	98.70 <sup>6)A7)B8)</sup> $\pm 0.39$	99.16 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.71$	99.51 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.82$	99.98 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.01$	99.98 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.87$	99.28 <sup>6)Ab</sup> $\pm 0.55$	99.75 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.49$	99.98 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.44$	99.67 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.21$
50	98.15 <sup>6)Bb</sup> $\pm 0.60$	98.82 <sup>6)Ab</sup> $\pm 0.97$	98.67 <sup>6)ABb</sup> $\pm 0.43$	98.68 <sup>6)Bb</sup> $\pm 0.86$	98.93 <sup>6)Bb</sup> $\pm 0.24$	99.32 <sup>6)Aa</sup> $\pm 0.38$	96.90 <sup>6)Cd</sup> $\pm 1.06$	98.38 <sup>6)Bb</sup> $\pm 0.33$	98.20 <sup>6)Bb</sup> $\pm 1.20$	97.83 <sup>6)Bbc</sup> $\pm 1.25$
100	96.01 <sup>6)Cbc</sup> $\pm 1.12$	96.42 <sup>6)Bbc</sup> $\pm 1.29$	98.83 <sup>6)ABa</sup> $\pm 1.96$	97.25 <sup>6)BCb</sup> $\pm 0.90$	97.24 <sup>6)BCb</sup> $\pm 0.49$	97.42 <sup>6)BCab</sup> $\pm 0.56$	97.48 <sup>6)BCb</sup> $\pm 1.39$	97.38 <sup>6)Cb</sup> $\pm 0.22$	97.43 <sup>6)BCb</sup> $\pm 0.50$	97.43 <sup>6)Bb</sup> $\pm 0.60$
200	93.71 <sup>6)Dd</sup> $\pm 1.02$	94.45 <sup>6)Ccd</sup> $\pm 1.03$	95.47 <sup>6)Cab</sup> $\pm 1.93$	95.96 <sup>6)Cab</sup> $\pm 1.07$	95.64 <sup>6)Dab</sup> $\pm 0.71$	96.56 <sup>6)Ca</sup> $\pm 1.46$	92.87 <sup>6)De</sup> $\pm 3.78$	95.02 <sup>6)Dbc</sup> $\pm 0.29$	94.82 <sup>6)Dcd</sup> $\pm 1.52$	94.24 <sup>6)CDcd</sup> $\pm 1.77$
500	86.47 <sup>6)Ee</sup> $\pm 1.94$	86.20 <sup>6)De</sup> $\pm 1.85$	84.27 <sup>6)Df</sup> $\pm 1.87$	84.27 <sup>6)Df</sup> $\pm 1.87$	94.52 <sup>6)DEa</sup> $\pm 1.03$	89.74 <sup>6)Dcd</sup> $\pm 2.19$	92.71 <sup>6)Dabc</sup> $\pm 3.82$	92.33 <sup>6)Eb</sup> $\pm 0.17$	91.59 <sup>6)Ec</sup> $\pm 0.96$	92.21 <sup>6)Dabc</sup> $\pm 1.83$

<sup>1-5)</sup> n-Hexane, chloroform, ethylacetate, n-butanol and water fraction

<sup>6)</sup> The values represent the mean  $\pm$  SD (n=3).

<sup>7)</sup> Different capital letters within a same sample are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

<sup>8)</sup> Different small letters within a same component are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

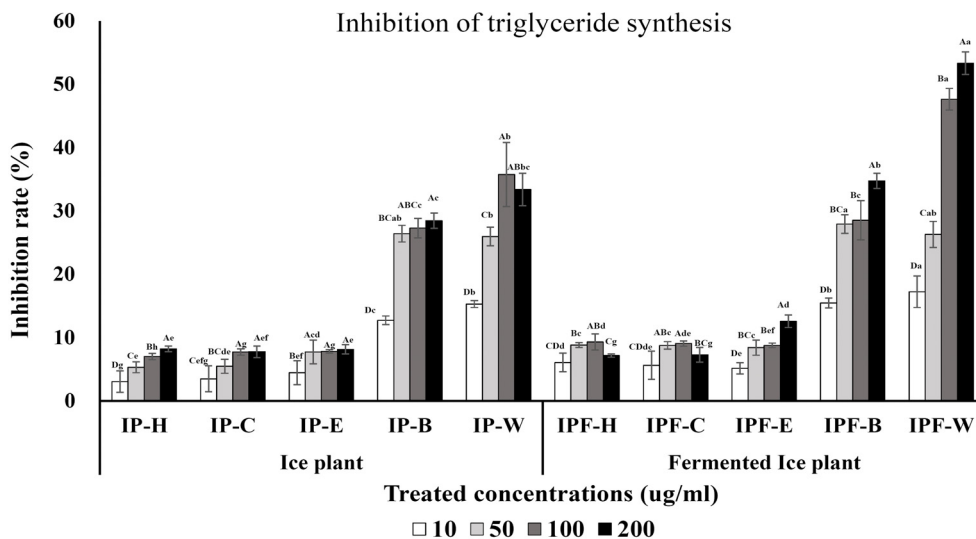


Fig. 1. Inhibition of triglyceride synthesis of solvent fractions from *Mesembryanthemum crystallinum* L. against HepG2 cell. Each bar represent the mean  $\pm$  SD (n=3). Means with different capital letters (A-D) within a same sample and different small letters (a-g) within a same concentration are significantly different by Duncan's multiple range test at  $p < 0.05$ .

을 확인할 수 있었다. 아이스플랜트의 발효 전 후의 세포 내 중성지방의 감소율은 각각  $3.04 \pm 1.70 \sim 35.73 \pm 5.06\%$   $5.13 \pm 0.90 \sim 53.32 \pm 1.79\%$  정도로서 발효 후의 시료를 처리하였을 경우에 중성지방의 축적을 저해하는 효과가 다소 크게 나타났다. 전체적으로 분획 추출한 시료의 용매가 극성이 높을수록 대체로 큰 폭의 중성지방 축적억제효과를 나타내었다. 특히 시료를 처리농도가  $50 \mu\text{g/ml}$  이상에서는 분획한 용매에 따라서는 친수성이 큰 용매인 n-hexane, chloroform 및 ethylacetate 분획에서는 발효 전 후에 각각  $5.32 \pm 0.86 \sim 8.14 \pm 0.73\%$  과  $8.40 \pm 1.18 \sim 12.57 \pm 0.98\%$ 로서 중성지방의 축적을 저해하는 효과가 크지 않았으나, 친수성이 큰 용매인 n-butanol과 aqueous 분획에서

는 발효 전 후에 각각  $25.93 \pm 1.47 \sim 35.73 \pm 5.06\%$  과  $26.26 \pm 2.07 \sim 53.32 \pm 1.79\%$ 로서 비교적 큰 폭의 중성지방의 축적을 저해한 것으로 나타났다. 이는 아이스플랜트에 함유된 중성지방의 축적을 억제하는 유효성분은 극성이 큰 수용성에 가까운 물질일 것으로 추정할 수 있었다. 한편 Lee 등[13]은 발효 전과 후의 defatted soybean grits (DSC)에서도 극성이 큰 물추출물에서 항혈전활성을 보였고, 발효 전보다 발효 후에 항혈전 개선효과가 우수한 것으로 보고하였다. 또한 Jung 등[8]은 다양한 조리방법을 가정한 생마늘, 구운 마늘 및 동결건조 마늘 등의 물추출물이 HepG2 세포 내 중성지방의 축적을 유의적으로 억제한다고 보고하였다. 그리고 Kang 등[10]은 아이스플랜트

추출물의 항산화효과에 대한 연구에서 chloroform과 ethylacetate 분획에서 가장 높게 나왔으나, α-glucosidase 및 α-amylase 저해활성은 거의 모든 분획에서 활성이 나타났다고 보고하였다. 그러나 아이스플랜트의 용매분획추출물에 대한 중성 지방의 축적억제과 관련한 연구는 찾아볼 수 없어서 직접 비교하기는 어려웠다.

**Cholesterol 합성 억제 효과**

발효 전 후의 아이스플랜트 용매분획추출물의 콜레스테롤 합성억제효과를 알아보기 위하여 HepG2 세포를 이용하여 MTT assay에 의한 세포생존율이 90% 이상인 농도 200 µg/ml 이하로 실험을 실시하였다. 발효 전 후의 아이스플랜트 용매분획추출물을 HepG2 세포에 농도별로 처리하였을 경우, 세포내 축적된 콜레스테롤의 정도를 시료를 처리하지 않은 대조군에 비하여 감소한 정도를 Fig. 2에 나타내었다. 그 결과 세포내 콜레스테롤의 함량은 대조구에 비하여 시료를 처리한 농도에 비례하여 감소폭이 크게 나타났다. 아이스플랜트의 발효 전 후의 세포 내 콜레스테롤의 감소율은 각각 4.02±1.50~56.34±5.55%와 6.56±1.46~64.52±5.50% 정도로서 발효 후의 시료를 처리하였을 경우에 콜레스테롤의 합성 저해효과가 다소 크게 나타났다. 전체적으로 분획 추출한 시료의 용매가 극성이 높을수록 대체로 큰 폭의 콜레스테롤 합성억제효과를 나타내었다. 특히 시료를 처리농도가 100 µg/ml 이상에서는 분획한 용매에 따라서는 친유성이 큰 용매인 n-hexane, chloroform 및 ethylacetate 분획에서는 발효 전 후에 각각 8.15±0.60~9.16±0.71%와 9.81±1.26~12.96±0.97%로서 콜레스테롤의 합성을 저해하는 효과가 크지 않았으나, 친수성이 큰 용매인 n-butanol과 aqueous 분획에서는 발효 전 후에 각각 28.68±0.86

~56.34±5.55%와 28.32±2.87~64.52±5.50%로서 비교적 큰 폭의 콜레스테롤의 합성을 저해한 것으로 나타났다. 이는 아이스플랜트에 함유된 콜레스테롤의 합성을 억제하는 유효성분은 극성이 큰 수용성에 가까운 물질일 것으로 추정할 수 있었다. 그러나 아이스플랜트의 용매분획추출물에 대한 콜레스테롤의 합성억제와 관련한 연구는 찾아볼 수 없어서 직접 비교하기는 어려웠다. 한편 발효 전과 후의 DSG에서도 극성이 큰 물추출물에서 콜레스테롤 생합성 억제능을 보였고, 발효 전보다 발효 후에 콜레스테롤 개선효과가 우수한 것으로 보고하였다[13]. 또한 Jung 등[8]은 다양한 조리방법을 가정한 생마늘, 구운 마늘 및 동결건조 마늘 등의 물추출물이 HepG2 세포내 콜레스테롤의 함량이 유의적으로 감소하였으며, 콜레스테롤 합성의 제한효소인 HMG-CoA reductase의 발현량도 감소하였다고 보고하였다. 그리고 Kang 등[10]은 아이스플랜트 추출물의 항산화효과 및 항당뇨효과에 대한 연구에서는 모든 분획에서 활성이 나타났으나 chloroform과 ethylacetate 분획에서 조금 더 높게 나타났다고 보고하였다.

**Tyrosinase 활성억제효과**

Tyrosinase는 melanin합성초기에 관여하는 중요한 효소이다. 즉 산화적 hydroxylation 반응을 통해 기질인 L-tyrosine을 L-DOPA로 변환시키고, L-DOPA를 L-DOPA quinone으로 산화시키는 것으로 알려져 있다[11]. 본 연구에서는 아이스플랜트 용매분획추출물에 존재하는 생리활성물질의 피부미백효능을 평가해보기 위하여 기질인 L-tyrosine과 L-DOPA를 이용하여 tyrosinase의 가역적 산화반응에 대한 활성억제효과를 측정하여 간접적으로 평가해보고자 하였다. 아이스플랜트의 용매분획추출물은 모두 500 µg/ml의 농도에서 측정하였으며

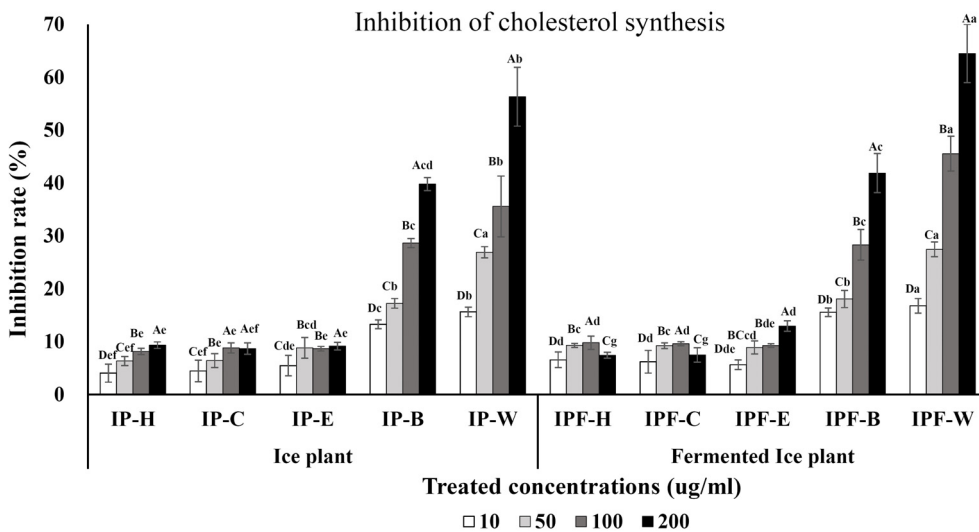


Fig. 2. Inhibition of cholesterol synthesis of solvent fractions from *Mesembryanthemum crystallinum* L. against HepG2 cell. Each bar represent the mean ± SD (n=3). Means with different capital letters (A-D) within a same sample and different small letters (a-g) within a same concentration are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

L-tyrosine에 대한 tyrosinase의 저해활성은 전반적으로 발효 후에 약간 높게 나타났다. 또한 대체로 극성이 가장 높은 물분획에서는 발효 전 후에 각각 60.58±4.03과 63.35±4.35%로 가장 높게 저해하였으며, 양성대조군으로 사용된 100 µg/ml의 arbutin (83.72±2.87%)에 비하여 72% 이상의 저해활성이 나타났다. 다음으로 n-butanol (40.08±4.96%와 45.52±0.77%) 분획에서 높았다. 그러나 극성이 비교적 낮은 용매의 분획에서는 1.26±0.84~20.87±3.18%로서 비교적 낮은 활성을 보였으며, chloroform > ethylacetate > n-hexane 추출물의 순이었다 (Fig. 3). 이와 같은 결과는 Cho 등[4]의 야관문의 chloroform 분획과 물분획에서 각각 47.4%와 47.2%의 tyrosinase 활성억제효과를 나타내었고, n-hexane 분획에서는 오히려 활성을 증가시켰다고 보고하였다. 또한 Jee 등[7]은 상백피의 열수추출

물과 ethanol 추출물이 각각 79.7%와 93.3%의 tyrosinase 활성억제효과를 나타내었다고 하였다. 이는 본 연구의 결과와는 완전히 일치하지는 않지만 대체로 용매의 극성이 큰 물분획에서 큰 효과가 나타난 것은 tyrosinase 활성억제 유효성분이 물분획층에 포함되어 있을 것으로 생각되었다. 또한 모든 용매분획추출물을 500 µg/ml의 농도에서 L-DOPA에 대한 tyrosinase의 저해활성도 발효 후에 약간 높게 나타났다. 즉 L-DOPA에 대해서도 극성이 가장 높은 물분획에서는 발효 전 후에 각각 56.85±1.57%와 59.38±1.74%로 가장 높게 저해하였으며, 양성대조군으로 사용된 100 µg/ml의 kojic acid (64.41±1.69%)에 비하여 88% 이상의 높은 저해활성이 나타났다. 다음으로 n-butanol (40.84±6.64%와 44.80±1.59%)분획에서 높았다. 그러나 극성이 비교적 낮은 용매의 분획에서는

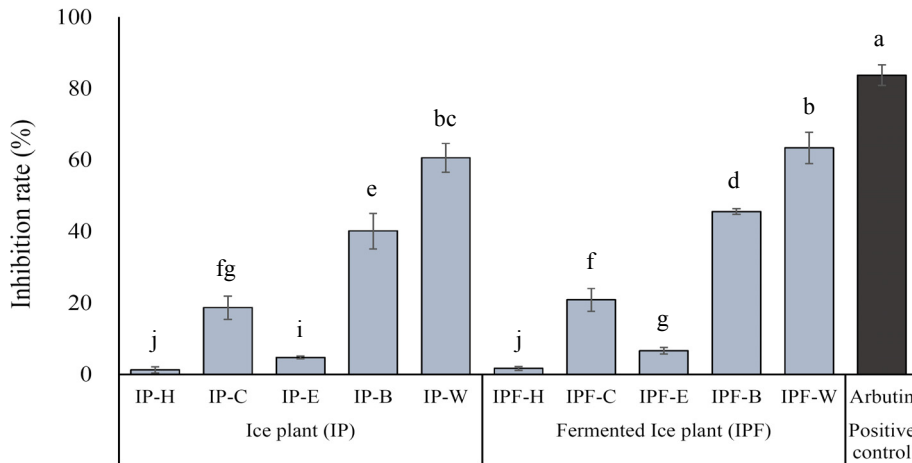


Fig. 3. Inhibition effects of solvent fractions from *Mesembryanthemum crystallinum* L. on tyrosinase for L-tyrosine as substrate. The concentrations of each solvent fractions were used at 500 µg/ml. Arbutin as positive control were used at 100 µg/ml for L-tyrosine as substrates of tyrosinase. Each bar represents the mean ± SD (n=3). Means with different letters (a-i) on bars are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

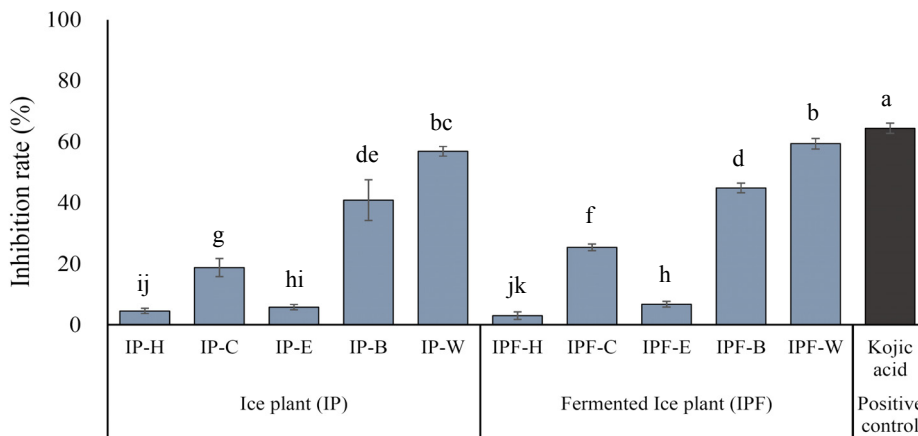


Fig. 4. Inhibition effects of solvent fractions from *Mesembryanthemum crystallinum* L. on tyrosinase for L-DOPA as substrate. The concentrations of each solvent fractions were used at 500 µg/ml. Kojic acid as positive control were used at 100 µg/ml for L-DOPA as substrates of tyrosinase. Each bar represents the mean ± SD (n=3). Means with different letters (a-i) on bars are significantly different by Duncan's multiple range test at p<0.05.

3.00±1.24~25.42±1.07%로서 비교적 낮은 활성을 보였으며, chloroform > ethylacetate > n-hexane의 순이었다(Fig. 4). 이와 같은 결과는 Cho 등[4]이 야관문의 L-tyrosine에 대한 tyrosinase 활성억제효과가 chloroform 분획과 물분획 추출물에서 높게 나타났다고 하였으며, 또한 Jee 등[7]은 L-DOPA에 대한 tyrosinase 활성억제효과가 상백피의 열수추출물과 ethanol 추출물이 높게 나타났다고 보고한 것과 유사하였다. 그러나 아이스플랜트의 tyrosinase 활성에 관련된 연구는 찾아볼 수 없어서 본 연구의 결과와 직접 비교할 수 없었다. 그러나 Kang 등[10]은 아이스플랜트 추출물의 항산화효과 및 항당뇨효과에 대한 연구에서 모든 분획에서 활성이 나타났다고 보고하였으며, Nam 등[20]은 아이스플랜트 발효추출물의 항당뇨 효과에서 발효 전에 비하여 상당히 증가하였으나 간보호 효과는 발효 후에 크게 증가하지는 않았다고 하였다. 이와 같은 결과는 대체로 발효 후에 활성이 약간 증가하는 것으로 나타난 본 연구와 유사한 경향이였다. 뿐만 아니라 아이스플랜트는 3T3-L1 전지방세포의 분화와 angiotensin converting enzyme (ACE)의 활성도 억제하여 항비만과 항고혈압효과도 있는 것으로 보고하고 있다[9]. 이와 같은 결과들로 미루어 볼 때, 아이스플랜트는 발효하여 저장성을 개선할 경우에 아이스플랜트의 생리활성은 약간 높게 나타났으며, 다양한 생리활성을 나타내는 유용한 자원으로서 기능성 식품소재로서의 활용 가치가 우수하다고 판단되어 진다.

### 감사의 글

이 논문은 2018년도 경남과학기술대학교 대학회계 연구비 지원에 의하여 연구되었음.

### References

- Agarie, S., Kawaguchi, A., Kodera, A., Sunagawa, H., Kojima, H., Nose, A. and Nakahara, T. 2009. Potential of the common ice plant, *Mesembryanthemum crystallinum* L. as a new high-functional food as evaluated by polyol accumulation. *Plant Prod. Sci.* **12**, 37-46.
- Ahn, C. H. and Park, P. B. 2009. Increase of the D-chiro-inositol and D-pinitol contents by abiotic stress in the buckwheat seedlings. *J. Life Sci.* **19**, 1456-1462.
- Cabanes, J., Chazarra, S. and Garcia-Carmona, F. 1994. Kojic acid, a cosmetic skin whitening agent, is a slow-binding inhibitor of catecholase activity of tyrosinase. *J. Pharm. Pharmacol.* **46**, 982-985.
- Cho, E. J., Ju, H. M., Jeong, C. H., Eom, S. H., Heo, H. J. and Kim, D. O. 2011. Effect of phenolic extract of dry leaves of *Lespedeza cuneata* G. Don on antioxidant capacity and tyrosinase inhibition. *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* **29**, 358-365.
- Folch, J., Lees, M. and Sloane, S. G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *J. Biol. Chem.* **226**, 497-509.
- Gupta, A. K., Dahlof, B., Sever, P. S. and Poulter, N. R. 2010. Metabolic syndrome, independent of its components, is a risk factor for stroke and death but not for coronary heart disease among hypertensive patients in the Ascotbpla. *Diabetes Care* **33**, 1647-1651.
- Jee, S. O. 2009. Antioxidant activities and whitening effect of the Mulberry (*Morus alba* L.) root bark extracts. *Kor. J. Plant Res.* **22**, 145-151.
- Jung, S. H., Lee, S. H. and Ko, K. S. 2015. Effects of various garlic (*Allium sativum*) extracts on cholesterol synthesis in HepG2 cells. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **44**, 1779-1784.
- Kang, S. M., Kim, S. J. and Nam, S. H. 2017. Inhibitory effect of cell differentiation against 3T3-L1 pre-adipocytes and angiotensin converting enzyme (ACE) activity of Ice Plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.). *Kor. J. Food Sci. Technol.* **46**, 1012-1017.
- Kang, S. M., Kim, S. J., Ha, S. H., Lee, C. R. and Nam, S. H. 2016. Biochemical components and physiological activities of Ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum*). *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* **45**, 1732-1739.
- Kim, Y. J. and Uyama, H. 2005. Tyrosinase inhibitors from natural and synthetic sources: Structure, inhibition mechanism and perspective for the future. *Cell. Mol. Life Sci.* **62**, 1707-1723.
- Kurosu, M. and Sakamoto, K. 2011. *Mesembryanthemum crystallinum* extract suppressed the early differentiation of mouse 3T3-L1 preadipocytes. *J. Nat. Pharm.* **2**, 184-189.
- Lee, S. G., Kim, H. J., Im, N. K., Lee, E. J., Lee, S. P. and Lee, I. S. 2009. Antithrombotic and cholesterol reduction effects of defatted soybean grits fermented by *Bacillus subtilis* NUC1. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **41**, 423-427.
- Lee, S. J., Lee, M. J., Ko, Y. J., Choi, H. R., Jeong, J. T., Choi, K. M., Cha, J. D., Hwang, S. M., Jung, H. K., Park, J. H. and Lee, T. B. 2013. Effects of extracts of unripe black raspberry and red ginseng on cholesterol synthesis. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **45**, 628-635.
- Lee, S. Y., Choi, H. D., Yu, S. N., Kim, S. H., Park, S. K. and Ahn, S. C. 2015. Biological activities of *Mesembryanthemum crystallinum* (ice plant) extract. *J. Life Sci.* **25**, 638-645.
- Lim, S., Shin, H., Song, J. H., Kwak, S. H., Kang, S. M., Won, Y. J., Choi, S. H., Cho, S. I., Park, K. S., Lee, H. K., Jang, H. C. and Koh, K. K. 2011. Increasing prevalence of metabolic syndrome in Korea: The Korean national health and nutrition examination survey for 1998-2007. *Diabetes Care* **34**, 1323-1328.
- Mason, H. S. and Peterson, E. W. 1965. Melanoproteins I. reactions between enzyme-generated quinones and amino acids. *Biochim. Biophys. Acta* **111**, 134-146
- Moon, S. J. 1996. Nutritional problems of Korean. *J. Nutr. Health* **29**, 371-380.
- Mosmann, T. 1983. Rapid colorimetric assay for cellular growth and survival: application to proliferation and cytotoxic assay. *J. Immunol. Methods* **65**, 55-63.
- Nam, S. H., Kang, S. M., Kim, S. J. and Ko, K. H. 2017. Effect of fermented Ice plant (*Mesembryanthemum crystallinum* L.) extracts against antioxidant, antidiabetic and liver



- protection. *J. Life Sci.* **27**, 909-918.
21. Parvez, S., Kang, M., Chung, H. S., Cho, C., Hong, M. C., Shin, M. K. and Bae, H. 2006. Survey and mechanism of skin depigmenting and lightening agents. *Phytother. Res.* **20**, 921-934.
22. Riley, P. A. 1997. Melanin. *Int. J. Biochem. Cell Biol.* **29**, 1235-1239.
23. Seo, E. J., Hong, E. S., Choi, M. H., Kim, K. S. and Lee, S. J. 2012. The antioxidant and skin whitening effect of *Artemisia iwayomogi* extracts. *Kor. J. Food Sci. Technol.* **44**, 89-93.
24. Yoon, S. R., Kim, G. R., Lee, J. H., Lee, S. W., Yeo, S. H., Jeong, Y. J. and Kwon, J. H. 2010. Properties of organic acids and volatile components in brown rice vinegar prepared using different yeasts and fermentation methods. *Kor. J. Food Preserv.* **17**, 733-740.
25. Zimmet, P., Alberti, G. and Shaw, J. 2005 A new IDF worldwide definition of the metabolic syndrome: the rationale and the results. *Diabetes Voice* **50**, 31-33.

### 초록 : 발효 아이스플랜트(*Mesembryanthemum crystallinum* L.) 추출물의 triglyceride, cholesterol 합성저해 및 tyrosinase 활성억제 효과

남상해<sup>1\*</sup> · 김선정<sup>2</sup> · 고건희<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>경남과학기술대학교 식품과학부, <sup>2</sup>경남한방향노화연구원)

본 연구는 수분함유량이 많아 장기간의 보관이 어려운 아이스플랜트의 저장성을 높이기 위하여 발효하였을 경우, triglyceride, cholesterol 합성 및 tyrosinase 활성 등의 변화를 조사하였다. 유기산의 함량은 발효 후에는 lactic acid가 23.672±3.74 mg/g으로 가장 많았으며 malic acid, acetic acid citric acid의 순이었다. 발효 전 후의 cyclitol 화합물의 변화를 보면, D-pinitol은 각각 6.670±0.187 mg/g과 5.541±0.088 mg/g으로 감소하였으나, myo-inositol은 0.653±0.022 mg/g과 3.848±0.216 mg/g, D-chiro-inositol은 3.848±0.216 mg/g과 4.945±0.098 mg/g으로 증가하였다. HepG2 세포 내 중성지방의 감소율은 발효 전 후에 각각 3.04±1.70~35.73±5.06%와 5.13±0.90~53.32±1.79%로서 발효 후 저해효과가 약간 높게 나타났으며, 대체로 극성이 큰 n-butanol과 aqueous 분획에서는 각각 25.93±1.47~35.73±5.06%과 26.26±2.07 ~ 53.32±1.79%로서 발효 후에 비교적 큰 폭으로 중성지방의 축적을 저해하였다. HepG2 세포 내 콜레스테롤의 감소율도 발효 전 후에 각각 4.02±1.50~56.34±5.55%와 6.56±1.46~64.52±5.50% 정도로서 발효 후에 콜레스테롤의 합성 저해효과가 약간 크게 나타났다. 특히 처리농도가 100 µg/ml 이상에서 n-hexane, chloroform 및 ethylacetate 분획에서는 발효 전 후에 각각 8.15±0.60~9.16±0.71%와 9.81±1.26~12.96±0.97%로서 저해효과가 크지 않았으나, n-butanol과 aqueous 분획에서는 발효 전 후에 각각 28.68±0.86~56.34±5.55%와 28.32±2.87~64.52±5.50%로서 비교적 큰 폭으로 콜레스테롤의 합성을 저해하였다. Tyrosinase 활성억제효과도 발효 후에 약간 증가하는 경향이였다. 기질로서 L-tyrosine을 사용하였을 경우, 극성이 큰 aqueous 분획에서 발효 전 후에 각각 60.58±4.035와 63.35±4.35%로서 저해활성이 가장 높았으며, 양성대조군(arbutin, 100 µg/ml)의 72%에 달하는 활성이였다. 또한 기질로서 L-DOPA을 사용하였을 경우에도 aqueous 분획에서 발효 전 후에 각각 56.85±1.57%와 59.38±1.74%로서 저해활성이 가장 높았으며 양성대조군(kojic acid, 100 µg/ml)의 88% 이상의 높은 활성을 가지고 있었다. 전체적으로 발효 아이스플랜트의 중성지방 및 콜레스테롤 합성억제 효과, tyrosinase 활성억제효과는 대체로 발효 전에 비하여 다소 향상되었다. 특히 극성이 큰 용매의 분획추출물에서 높은 활성을 나타내었다. 이러한 결과를 바탕으로 발효 등의 다양한 가공방법이 개발되어 저장성과 활용도가 높아질 수 있는 계기가 되기를 기대한다.