



## Adipocyte differentiation inhibition, whitening, antibacterial and antioxidant activities of extracts from *Aloe vera* by-product

Seong-Hun Lee<sup>1</sup> · Chang-Ho Eun<sup>2</sup> · Jin-Hong Baek<sup>1</sup> · In-Jung Kim<sup>3</sup>

### 알로에 베라 가공 부산물 추출물의 지방세포 분화억제, 미백, 항균 및 항산화 활성

이성훈<sup>1</sup> · 은창호<sup>2</sup> · 백진홍<sup>1</sup> · 김인중<sup>3</sup>

Received: 20 April 2021 / Accepted: 4 June 2021 / Published Online: 30 June 2021  
© The Korean Society for Applied Biological Chemistry 2021

**Abstract** Aloe has been widely used as a cosmetic and medicinal plant. Until now, several effects such as antioxidant, anti-cancer, anti-diabetic, immunity and whitening of aloe gel extract have been reported, but research on aloe by-products occurring in food processing has not been actively conducted. In this study, we investigated whether the aloe by-product extract from food processing could be used as a functional biomaterial. Cytotoxicity was not seen in both the mixer and press extracts. Inhibition of 3T3-L1 adipocyte differentiation was detected only in the mixer extract and not in the press. It was confirmed that hyaluronic acid accumulation and tyrosinase inhibition increased according to the treatment concentration of the mixer extract. The antimicrobial activity of the mixer extract was observed in the *Porphyromonas gingivalis* strain, but not in the *Streptococcus mutans* strain. Antioxidant activity through DPPH and SOD

analysis increased with the concentration of the mixer extract. In summary, it was confirmed that the mixer extract of aloe by-products has the effect of inhibiting adipocyte differentiation, moisturizing, whitening, and antioxidant, suggesting the possibility of using it as a functional bio-material for health drinks or beauty masks.

**Keywords** Adipocyte differentiation inhibition · Aloe by-product · Antibacterial · Antioxidant · Whitening

## 서 론

알로에 베라(*Aloe vera*, *Aloe Barbadensis* Mill.)는 열대 지방이 주 재배지로 백합과 (Liliaceae계)의 알로에 속(*Aloineae*)에 속하는 다년생 초본으로[1-3], 전 세계적으로 약 400종 이상이 알려져 있으나 현재 6~7종만이 식용 및 약용으로 이용되고 있다. 국내에서는 알로에 베라와 아보레 센스가 재배되고 있다. 알로에 베라 잎은 외부의 녹색부분인 껍질과 내부의 과육부분인 겔로 나눌 수 있으며 주요 성분으로는 수분이 90% 이상이며, 다당류, 비타민류, 지방산, 아미노산, 셀레늄, 칼슘, 안트라퀴논(*anthraquinone*)류 등 약 300여 포함하고 있는 식물로 예로부터 위계양, 비반, 화상치료, 항암, 면역활성, 및 피부질환 치료 등 다양한 효과를 지니고 있어서 오랫동안 사용되어져 왔다[4-7]. 또한 최근까지 알로에를 이용한 면역식품 및 다당류, 플라보노이드, 안트라퀴논, 지베렐린, 베타 시토스테롤 등 여러 기능성 물질을 포함하는 건강 보조식품과 같은 여러 형태의 기능성 식품들이 소개되고 있다[8-10].

Seong-Hun Lee and Chang-Ho Eun are contributed equally to this work.

In-Jung Kim (✉)  
E-mail: [ijkim@jejunu.ac.kr](mailto:ijkim@jejunu.ac.kr)

<sup>1</sup>KJM Aloe R&D Center, Seoqwipo, Jeju 63636, Republic of Korea

<sup>2</sup>Subtropical Horticulture Research Institute, Jeju National University, 102 Jejudaehakro, Jeju, Jeju 63243, Republic of Korea

<sup>3</sup>Faculty of Biotechnology, College of Applied Life Science, Jeju National University, Jeju, Jeju 63243, Republic of Korea

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.

알로에를 비롯한 천연물을 이용하는 식품산업은 대체적으로 제조 및 가공 중 많은 양의 폐기물 및 가공부산물을 생성하는데 이들의 처리 과정은 금전적인 손실을 발생시킬 뿐만 아니라 법적인 규제가 따르며, 폐기물의 양이 증가함에 따라 잠재적 환경오염을 유발시키는 원인이 되기도 한다. 이러한 폐기물이나 가공부산물을 이용하여 유용물질을 분리, 활용함으로써 경제적 관점, 관련 법적 규제 해결 및 환경오염 문제 등을 해결할 수 있는 방법으로 매년 꾸준히 연구되고 있으며, 그린뉴딜 정책과도 부합되는 유망한 R&D 분야로 볼 수 있다[11,12]. 현재까지 알로에의 다양한 기능성 효과에 관한 보고는 주로 알로에 겔 추출물을 이용하여 항산화, 항암, 항당뇨, 면역증강 및 미백효과 등에 관한 연구가 대부분이고 알로에 가공 부산물 추출물을 이용하여 여러 효과에 관한 연구는 거의 보고된 바가 없다. Back과 Lee의 연구[13]에서 알로에 베라의 가공 부산물인 섬유질의 특성을 조사한 결과, 시판  $\alpha$ -cellulose 식이 섬유보다 팽윤력, 보수력 및 유효능에서 우수한 특징을 나타내는 것을 보고한 바가 있다. Han 등[14]은 석류과피, 밀기울등 8종류의 식품 가공 부산물 추출물을 이용하여 항산화 활성을 조사하여 천연보존제 활용 가능성을 보고하였고, Ren 등[15]은 장미차 및 버려지는 드라이플라워를 이용한 추출물에서 높은 항균, 항산화 및 미백효과를 나타내는 것을 보고하였다. Choi 등[16]은 대두 부산물에서 지방세포 분화 억제 효과가 있음을 보고하였으며, Maisuthisakul과 Gordon의 연구[17]에서는 먹고 버려지는 망고 종자에서 항산화 및 Tyrosinase억제 효과가 있음을 보고하였다.

이에 본 연구는 알로에 베라의 가공 부산물 추출물을 이용하여 체지방 감소, 보습, 미백, 항균활성 및 항산화에 어떠한 효과를 나타내는지를 조사하였고, 이를 통해 폐기 처분되던 알로에 가공 부산물을 이용한 음료 및 마스크팩 제조 등에 첨가할 수 있는 기능성 생물 소재로의 활용 가능성을 조사하기 위해서 수행하였다.

## 재료 및 방법

### 실험재료

본 실험 재료는 알로에 베라 가공 부산물을 이용한 추출물을 사용하기 위해서 알로에 음료제조 공정 후 남겨지는 알로에 밀등과 알로에 전잎을 50:50으로 중량을 측정 후 사용하였다.

### 세포주

Human keratinocyte cell line인 HaCaT 세포는 CLS Cell Lines Service, Eppelheim, Germany에서 분양 받아 사용하였으며, 3T3-L1 (Pre-adipocyte cell line)은 한국세포주은행(KCLB, Seoul, Korea)에서 분양 받아 사용하였다. *Streptococcus mutans* (ATCC 25175)균과 *Porphyromonas gingivalis* (ATCC 33277)균은 생물자원센터(KCTC, Jeongup, Korea)에서 분양 받아 사용하였다.

### 알로에 베라 가공 부산물 추출

알로에 베라 가공 부산물을 이용한 추출은 믹서추출 및 착즙추출을 하여 실험에 사용하였다. 믹서추출은 부산물을 푸드믹서기(SAMWOO, SF-600, Seoul, Korea)로 분쇄한 후, 90 °C에서

20~30분 동안 가열하여 추출하여 원심분리기로 1000 rpm에서 15분간 원심분리한 후, 필터(HYUNDAI, HM.3005090)를 이용하여 고형분을 제거하였다. 착즙 추출은 90 °C에서 20~30분 동안 가열한 후에 착즙기((주)휴롬, HVS-STF14, Seoul, Korea)를 이용하여 추출하여 원심분리기로 1000rpm에서 15분간 원심분리한 후, 필터(HYUNDAI, HM.3005090, Seoul, Korea)를 이용하여 고형분을 제거하였다.

### MTT assay

96-well cell culture plate에 분화되지 않은 3T3-L1 세포를  $1 \times 10^4$ /well (100  $\mu$ L) 밀도로 분주한 후, 5% CO<sub>2</sub> 조건에서 24시간 배양하였다. 배양한 세포를 현미경으로 세포가 바닥에 분포되어 자랐는지 확인한 후, 각 well의 배지를 제거하고 추출물(농도: 1, 2, 4, 6, 8, 10%)이 포함된 배지를 100  $\mu$ L/well로 교체하고 5% CO<sub>2</sub> 조건에서 24시간 배양하였다. 각 well의 배지를 제거하고 MTT reagent (1 mg/mL)를 50  $\mu$ L씩 well에 첨가한 후, 빛 차단을 위해 plate를 호일로 덮고 37 °C에서 2시간 동안 반응시켰다. 세포에 보라색 침전물을 확인한 후, 각 well의 MTT reagent를 제거하고 isopropanol을 100  $\mu$ L씩 well에 첨가하여 잘 섞어준 다음 Microplate reader를 이용하여 570 nm (반응 흡광도) 및 650 nm (참고 흡광도)에서 흡광도를 측정하였다.

### Oil Red O 염색

3T3-L1 지방세포를 10% calf serum과 100 unit/mL의 penicillin-streptomycin이 함유된 DMEM 배지로 2~3일 주기로 신선한 배지를 교체하여 37 °C, 5% CO<sub>2</sub> 조건에서 배양하였다. Confluent 상태가 된 2일 후 분화유도 배지(10% FBS, 100 unit/mL penicillin-streptomycin, DMEM, 500  $\mu$ M IBMX, 0.25  $\mu$ M dexamethasone 및 10  $\mu$ g/mL insulin)로 교체하였다. 이후 2일 동안 10% FBS와 10  $\mu$ g/mL insulin이 포함된 DMEM을 사용하여 분화를 종료시킨 후, 시료가 첨가된 분화유도 배지에서 3T3-L1 세포의 지방 축적을 Oil Red O (ORO) 염색법을 통해 분석하였다. 분화가 완료된 세포는 PBS로 세척 후 4% PFA solution으로 30분간 실온에서 고정된 후 증류수로 세척하고 세포 이외의 배경 염색을 방지하기 위해서 60% isopropanol을 넣고 5분간 상온에서 반응하였다. 60% isopropanol을 제거한 후, ORO를 이용하여 실온에서 15분간 염색하였다. 증류수로 세척 후 100% isopropanol을 첨가하여 세포내 ORO를 녹인 후 96-well plate에 100  $\mu$ L씩 분주하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 추출물을 처리하지 않은 분화된 지방세포를 대조군으로 하여 지방 축적(% of control)을 계산하였다.

### WST assay

HaCaT 세포 생존율은 EZ-Cytox Cell Viability assay kit를 이용하여 분석하였다. HaCaT 세포를 24-well plate에  $1.0 \times 10^5$  cells/well의 농도로 접종하여 24시간 배양한 뒤, 각 농도별로 희석한 시료가 포함된 FBS 미함유 배지로 교환한 후 24시간 배양하였다. 배양 후 EZ-Cytox를 한 well당 50  $\mu$ L씩 첨가하고 1시간 동안 더 배양한 후에 배양한 배지를 96well plate에 옮겨 담고 microplate reader를 사용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 각 시료군에 대한 평균 흡광도 값을 구하였으며, 대조군의 흡광도 값과 비교하여 세포 생존율을 조사하였다.

**Hyaluronic acid (HA) 생성량 분석**

HaCaT 세포를 24-well plate에  $1.0 \times 10^5$  cell/well 밀도로 분주하고, 24시간 후에 농도별로 희석한 추출물이 포함된 FBS 미함유 배지로 교환한 후 24시간 배양하였다. 배양 후 각각의 상층액을 취하여 배지 중 HA의 양을 Human HA ELISA Kit (CUSABIO BIOTECH Co., Ltd.)을 이용하여 450 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성대조군은 Retinoic acid를 이용하여 비교하였다.

**Tyrosinase 저해활성**

Tyrosinase 저해활성은 L-tyrosine으로부터 멜라닌 생성과정에 tyrosinase 효소 작용에 의해 생성되는 dihydroxyphenylalanine (DOPA) 생성물을 측정하는 방법으로 측정하였다. 0.5 M 인산완충용액(pH 6.5) 100  $\mu$ L에 10 mM L-DOPA에 녹인 기질액에 40  $\mu$ L 및 시료용액 20  $\mu$ L의 혼합액에 mushroom tyrosinase (100 U/mL) 40  $\mu$ L를 첨가하여 25  $^{\circ}$ C에서 2분간 반응시켜 반응액 중에 생성된 dopachrome을 475 nm에서 측정하였다. 양성 대조군으로 kojic acid를 사용하였다

**항균활성**

알로에가공부산물 추출물을 *Streptococcus mutans* (ATCC 25175) 균에 대하여 항균활성 분석을 수행하였다. *Porphyromonas gingivalis* (ATCC 33277)균은  $1.65 \times 10^7$  cfu/mL의 농도로 접종하여 알로에 가공 부산물 추출물을 첨가하여 37  $^{\circ}$ C에서 10일간 배양한 후, 생성되는 생육저지환의 크기를 측정하였다. *Streptococcus mutans*균은  $2.74 \times 10^7$  cfu/mL의 농도로 접종하여 알로에 가공 부산물 추출물을 첨가하여 37  $^{\circ}$ C에서 48시간 배양한 후, 생성되는 생육저지환의 크기를 측정하였다.

**DPPH 라디칼 소거능**

DPPH radical 소거능은 Heo 등[18]의 방법에 따라 에탄올에 0.4 mM의 농도로 용해한 DPPH 용액 160  $\mu$ L와 시료 40  $\mu$ L를 첨가하여 암소에서 30분간 방치한 다음 microplate reader (VERSAmax, Molecular Device, San Jose, CA, USA)를 이용하여 515 nm에서 흡광도를 측정하였다. 양성 대조군으로 ascorbic acid를 사용하였다. DPPH 라디칼 소거능은 [DPPH 라

디칼 소거능 (%) =  $(1 - A/B) \times 100$ ] 방법으로 계산하였다. A: 시료 처리군의 흡광도, B: 대조군(증류수) 흡광도.

**SOD 유사활성**

SOD 유사활성은 Lee 등[19]의 방법에 따라 시료 40  $\mu$ L, Tris-HCl (pH8.5) 120  $\mu$ L 및 7.2 mM pyrogallol 40  $\mu$ L를 첨가하여 25  $^{\circ}$ C에서 10분간 반응한 다음 microplate reader (VERSAmax, Molecular Device)를 이용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

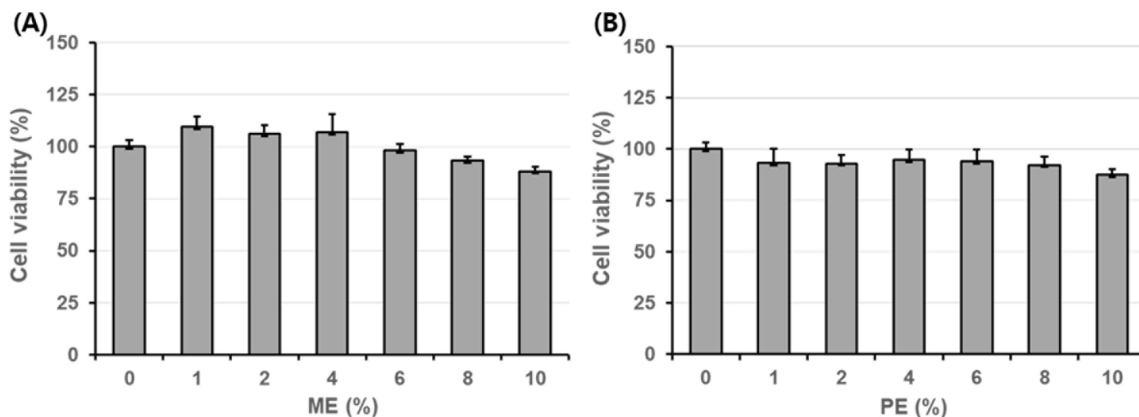
**결과 및 고찰**

**세포독성 평가**

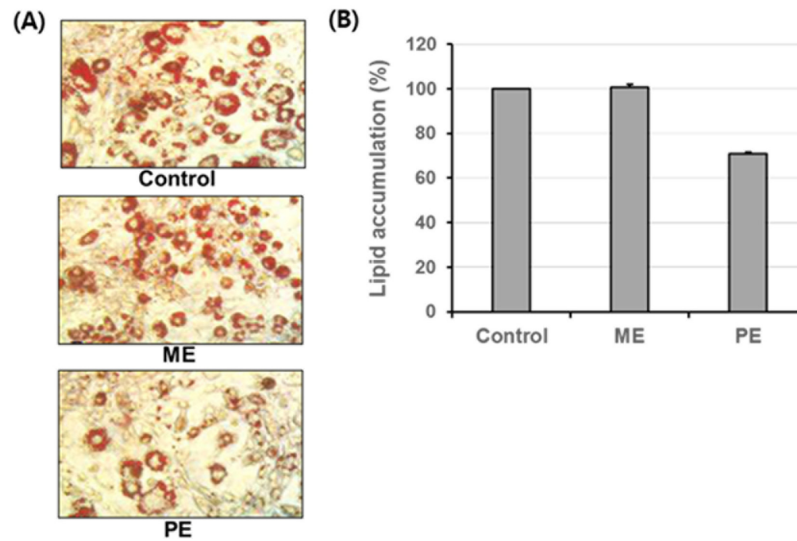
알로에 가공 부산물 추출물과 믹서 추출물의 지방 세포 분화 억제 효과를 조사하기 위해 세포 독성 여부를 MTT assay를 통하여 조사하였다. 세포독성은 세포의 생존율이 낮을수록 시료의 잠재적인 세포독성이 높아지는데 본 실험에서는 세포 생존율이 80% 미만으로 감소하는 경우 세포독성이 있는 것으로 판단하였다. 추출물을 0, 1, 2, 4, 6, 8, 10% 농도별로 3T3-L1세포에 처리하여 조사한 결과, 모든 처리구에서 세포 독성이 없는 것으로 확인되었다(Fig. 1).

**3T3-L1 지방 전구세포 분화 억제 효과**

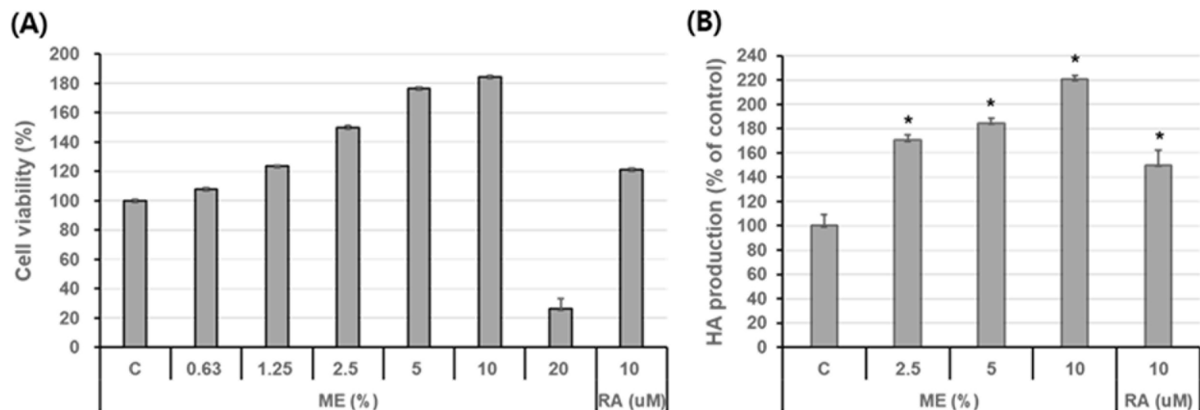
알로에 가공 부산물 추출물의 체지방 감소능을 조사하기 위해서 3T3-L1 지방세포 배양 시 추출물을 2% 농도로 첨가하여 3T3-L1 지방세포 분화 억제능을 ORO염색법으로 확인하였다 (Fig. 2A). 착즙 추출물을 첨가하여 배양하였을 경우에는 대조구와 비교하여 체지방 감소 효과를 보이지 않았으나, 믹서 추출물을 첨가하여 지방세포를 배양하였을 경우에는 지방 전구세포인 3T3-L1 세포의 분화율이 70.87%로 억제하는 것을 확인하였다(Fig. 2B). 대두 가공 부산물을 이용한 지방세포 분화억제 결과에서도 두유 및 순물 추출물에서 농도 의존적으로 분화억제 효과가 있음을 확인하였다[16]. 이는 알로에 믹서 추출물이 미분 세포로의 분화를 억제시키는 효과를 가지고 있음을 나타낸다.



**Fig. 1** Cell viability of 3T3-L1 cell on different concentration of the aloe by-product extracts. (A) ME: mixer extract; (B) PE: press extract. All values are means SD of 3 independent experiments



**Fig. 2** Effects of aloe by-product extracts on lipid accumulation in 3T3-L1 adipocytes. 3T3-L1 preadipocytes were treated with ME and PE during the differentiation period. (A) The micrographs of Oil red O-stained adipocytes. (B) Stained oil droplets were dissolved in isopropyl alcohol and quantified by reading the absorbance at 517 nm. ME: mixer extract; PE: press extract. All values are means SD of duplicate experiments



**Fig. 3** Cell viability and HA formation by treatment of mixer extract from aloe by-product in HaCaT cells. (A) Cells were treated with indicated concentration of sample for 24 h at 37 °C. Cell viability was measured by WST assay. (B) HA formation. The data are expressed as % of Control (Mean  $\pm$  SD, \* $p$  < 0.05, aloe by-product mixer extract vs. Control). ME: Mixer extract; RA: Retinolic acid. All values are means SD of 3 independent experiments

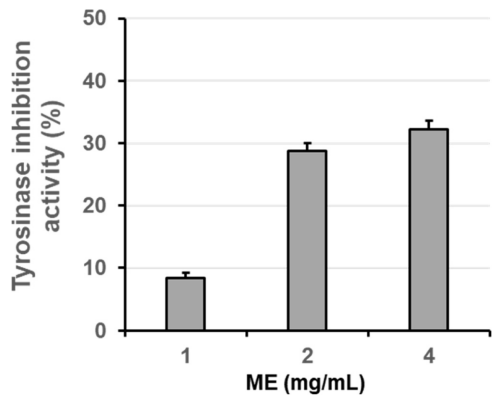
### Hyaluronic acid (HA) 생성량 분석

위의 3T3-L1 지방 전구세포 분화 억제 효과 결과에서 믹서 추출물에서 지방세포 분화가 억제되는 것이 확인되어 HA 생성량 조사는 믹서 추출물을 이용하여 수행하였다. 먼저 본 실험에 사용되는 피부 각질 형성세포(HaCaT)에 믹서 추출물이 세포 독성을 나타내는지 WST assay로 확인하였다. 믹서추출물의 함량을 0.63, 1.25, 2.5, 5.0, 10.0 및 20.0%로 첨가하였을 때 0.63~10.0%에서는 세포독성이 나타나지 않았으나 20.0%에서는 세포 독성이 있는 것으로 확인되었다(Fig. 3A). 세포 독성의 결과를 바탕으로 믹서 추출물을 각각 2.5, 5.0 및 10.0%가 되도록 피부 각질 형성세포(HaCaT)에 첨가하여 배양 후 HA의 생성량을 조사하였다. 그 결과, 믹서 추출물을 첨가하지 않은 대조구와 비교하였을 때 믹서 추출물의 농도가 높아질수록 HA의 생성량이 증가하는 것을 확인하였다(Fig. 3B). 이는 알로에 가

공 부산물 믹서 추출물이 피부 보습에 유효한 물질을 함유하고 있다는 것을 나타낸다.

### Tyrosinase 저해 활성 분석

피부가 자외선에 노출되면 멜라닌 세포내의 tyrosine이 tyrosinase의 생합성 작용으로 산화 반응을 일으켜 멜라닌을 생성하며 과잉 생산된 멜라닌은 피부에 기미, 주근깨 등의 색소 침착을 일으키게 된다. 멜라닌 생성의 효소인 tyrosinase 효소 자체를 억제하면 미백효과를 기대할 수 있다. 믹서 추출물이 tyrosinase 저해활성이 있는지를 알아보기 위해서 tyrosinase 효소 작용에 의해 생성되는 DOPA 생성물을 측정하는 방법으로 조사하였다. 믹서 추출물의 농도가 1 mg/mL에서는 8.34 $\pm$ 0.89%, 2 mg/mL에서는 28.70 $\pm$ 1.30%, 그리고 4 mg/mL에서는 32.18 $\pm$ 1.41%로 추출물 농도 의존적으로 tyrosinase 저해 활성이 나타나는 것을 확

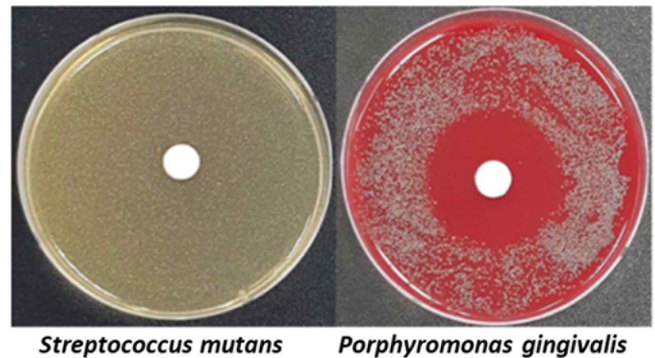


**Fig. 4** Tyrosinase inhibition activity of mixer extract from aloe by-product. ME: Mixer extract. All values are means SD of 3 independent experiments

인하였다(Fig. 4). Choi 등[20]은 천연 미백소재 탐색을 위해서 울무 부산물 추출물을 이용하여 tyrosinase 저해활성을 조사한 결과, 울무 뿌리 추출물에서 tyrosinase 저해활성을 확인하였다. Maisuthisakul과 Gordon의 연구[17]에서는 망고 종자 에탄올 추출물에서 높은 tyrosinase 저해활성을 나타내는 것을 확인하였다.

**디스크 확산법을 이용한 항균활성 분석**

구강 질환의 원인 구강 미생물 중 치아우식증의 주 원인균인 *Streptococcus mutans* (*S. mutans*)와 치주질환의 주 원인균인 *Porphyromonas gingivalis* (*P. gingivalis*)에 대한 알로에 가공 부산물 믹서 추출물의 항균효과를 조사하였다. *S. mutans*의 경우에는 생육저지환이 나타나지 않아 추출물의 항균활성이 없었지만 *P. gingivalis*의 경우에는 생육저지환이 36 mm 크기로 추출물의 항균활성이 확인되었다(Fig. 5). 본 실험 결과에서는 알로에 믹서 추출물이 치주질환 예방에 활용할 수 있을 것으로 판단된다. Seong 등[21]은 화장품 오일 원료 추출 후 남은 전나무 잎 부산물을 에탄올을 추출하여 4가지 박테리아에 대한 항균활성을 분석한 결과, *Staphylococcus aureus*에서만 항균활성이 나타나는 것을 보고하였다. Lee 등[22]은 커피 부산물을 hexan-

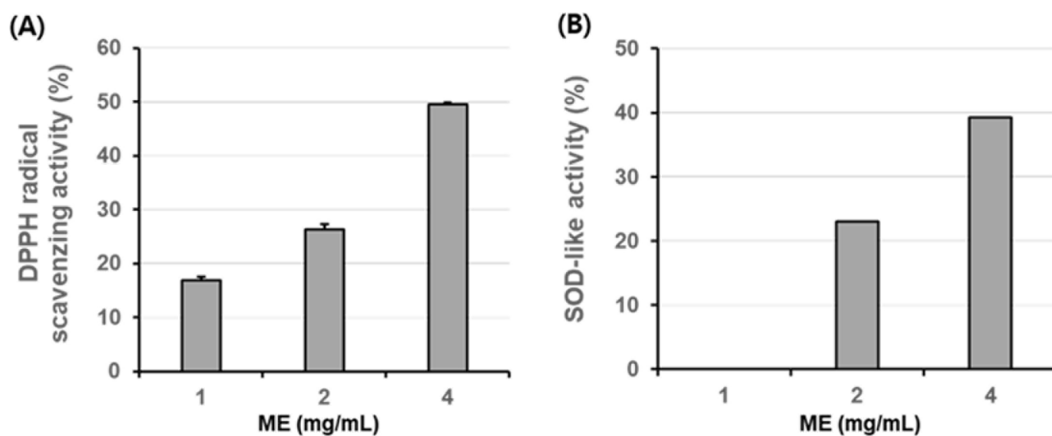


**Fig. 5** Antibacterial activity of mixer extract from aloe by-product against *S. mutans* and *P. gingivalis*

로 추출하여 4종류의 균주를 이용하여 항균 실험을 한 결과, *Staphylococcus aureus*가 가장 높은 항균력을 나타냈다고 보고 하였다.

**항산화 활성 분석**

DPPH radical은 안정한 free radical로 다른 원자 및 분자로부터 전자나 양성자를 받아들여 안정한 분자로 변하는 성질이 있다. 이러한 DPPH radical을 이용하여 믹서 추출물의 DPPH에 대한 소거 활성을 여러 농도에서 분석하였다. 표준 시료인 ascorbic acid는 50 µg/mL의 농도에서 90% 이상의 활성을 나타내었으며, 믹서 추출물의 경우에는 16.88±0.58% (1 mg/mL), 26.23±10.4% (2 mg/mL) 및 49.50±0.32% (4 mg/mL)로 추출물 농도 의존적으로 DPPH radical 소거 활성이 높게 나타내는 것을 확인하였다. 또한 믹서 추출물이 SOD와 유사한 산화 억제 작용을 하는지 알아보기 위해 superoxide와 반응하여 갈변 물질을 나타내는 pyrogallol 자동산화반응을 측정하여 SOD 유사활성을 측정하였다. 표준 시료인 ascorbic acid는 100 µg/mL의 농도에서 약 51%의 활성을 나타내었으며, 믹서 추출물의 경우에는 1 mg/mL의 농도에서는 활성이 보이지 않고, 2 mg/mL에서 23.05±0.04%와 4 mg/mL에서 39.24±0.04%로 추출물 농도 의존



**Fig. 6** Antioxidant activity of mixer extract from aloe by-product. (A) DPPH radical scavenging activity, (B) SOD-like activity. ME: Mixer extract. All values are means SD of 3 independent experiments

적으로 SOD 유사 활성이 높게 나타나는 것을 확인하였다. 알로에 이외의 가공 부산물인 망고종자, 커피 찌꺼기, 전나무 잎 및 석류 껍질 등의 추출물 에서도 항산화 활성이 높게 나타나는 것이 보고되어 있다[16,19,21,22].

본 연구는 알로에 가공 부산물 추출물을 첨가한 기능성 음료 및 마스크팩 제조 가능성을 조사하기 위해서 믹서 추출물 및 착즙 추출물을 이용하여 지방분화 세포 억제능, HA 생성량, Tyrosinase 저해 활성, 항균 및 항산화 활성 등 여러 생리 활성을 조사하였다. 그 결과 믹서 추출물이 착즙 추출물 보다 기능성 생리 활성이 높은 것을 확인하였다. 이 결과를 바탕으로 알로에 가공 부산물 믹서 추출물을 이용한 기능성 음료 및 마스크팩 제품 개발을 위해서 현재 시제품을 제작하여 평가를 수행하고 있다.

## 초 록

알로에는 화장품 및 약용 식물로 널리 사용되고 있는 식물로서 알로에 젤 추출물에서 항산화, 항암, 항 당뇨, 면역, 미백 등 여러 효과가 보고되었지만, 알로에 가공에서 발생하는 부산물을 이용한 연구는 많이 수행되지 않았다. 본 연구에서는 알로에 가공 과정에서 나온 부산물을 이용한 추출물이 기능성 바이오 소재로 활용될 수 있는지를 조사하였다. 먼저 믹서 추출물과 착즙 추출물 모두에서 세포 독성은 보이지 않았다. 3T3-L1 지방 세포 분화의 억제는 믹서 추출물에서만 확인되었다. 믹서 추출물의 처리 농도에 따라 히알루론산 축적 및 Tyrosinase 억제가 증가하는 것을 확인하였다. 믹서 추출물의 항균 활성은 *Porphyromonas gingivalis* 균주에서 관찰되었지만, *Streptococcus mutans* 균주에서는 관찰되지 않았다. DPPH 및 SOD 분석을 통한 항산화 활성은 믹서 추출물의 농도에 따라 증가하였다. 본 연구를 통해 알로에 부산물의 믹서 추출물은 지방 세포 분화억제와 보습, 미백, 항산화 효과가 있음을 확인하였으며, 건강 음료나 미용 마스크 등의 기능성 바이오 소재로 활용이 가능한 것을 시사하고 있다.

**Keywords** 미백 · 알로에 부산물 · 지방세포 분화억제 · 항균 · 항산화

**감사의 글** 본 연구는 중소벤처기업부의 지역기업개발형혁신마우처(R&D) 사업 (과제번호 P0010755)과 2020학년도 제주대학교 교원성과지원사업, 교육부의 재원으로 한국연구재단 중점연구소사업(2019R1A6A1A1105207)의 지원에 의해 수행되었음.

## References

- Vogler BK, Erst E (1999) Aloe vera: a systemic review of its clinical effectiveness. *Br J Gen Pract* 49: 823–828
- Grace OM, Simmonds MSJ, Smith GF, Wyk AEV (2008) Therapeutic uses of Aloe L. (Asphodelaceae) in southern Africa. *J Ethnopharmacol* 119(3): 604–614. doi: 10.1016/j.jep.2008.07.002
- Reynolds T (1985) The compounds in Aloe leaf exudates: a review. *Bot*

- J Linn Soc 90: 157–177. doi: 10.1111/j.1095-8339.1985.tb00377.x
- Surjusha A, Vasani R, Saple D (2008) Aloe vera: a short review. *Indian J Dermatol* 53: 163–166. doi: 10.4103/0019-5154.44785
- Dagne E, Bisrat D, Viljeon A, Wyk BEV (2000) Chemistry of aloe species. *Cur Org Chem* 4(10): 1005–1078. doi: 10.2174/1385272003375932
- Haller JS (1990) A drug for all season medical and pharmacological history of aloe. *Bull N Y Acad Med* 66(6): 647–659
- Crewe JE (1985) Aloe in the treatment of burn and scalds. *Minnesota Medicine* 22: 538–539
- Paulsen BS (2002) Biologically active polysaccharides as possible lead compounds. *Phytochem Rev* 1: 379–387
- Im SA, Lee YR, Lee YH, Lee MK, Park YI, Lee SW, Kim KJ, Lee CK (2010) In Vivo Evidence of the Immunomodulatory Activity of Orally Administered Aloe vera Gel. *Arch Pharm Res* 33: 451–456. doi: 10.1007/s12272-010-0315-1
- Okyer A, Can A, Akev N, Baktir G, Sutlupinar N (2001) Effect of Aloe vera Leaves on Blood Glucose Level in Type I and Type II Diabetic Rat Models. *Phytother Res* 15: 157–161
- Kim SK, Mendis E (2006) Bioactive compounds from marine processing byproducts. A review. *Food Res Int* 39: 383–393. doi: 10.1016/j.foodres.2005.10.010
- Fernandez-Bolanos J, Rodriguez G, Rodriguez R, Guillen R, Jimenez A (2006) Extraction of interesting organic compounds from olive oil waste. *Grasas Aceites (Sevilla)* 57: 95–106. doi: 10.3989/gya.2006.v57.i1.25
- Baek JH, Lee SY (2010) Physicochemical properties of fibrous material fraction from by-product of Aloe vera gel processing. *Food Engin Prog* 14(2): 118–126
- Han JH, Seo HS, Chun JD (2020) Development of a natural preservative with antioxidant activity from by-products of food processing. *J Korea Soc Waste Manag* 37(6): 411–418. doi: 10.9786/kswm.2020.37.6.411
- Ren G, Xue P, Sun X, Zhao G (2018) Determination of the volatile and polyphenol constituents and the antimicrobial, antioxidant, and tyrosinase inhibitory activities of the bioactive compounds from the by-product of *Rosa rugosa* Thunb. var. plena Regal tea. *BMC Comple Alter Med* 18:307. doi: 10.1186/s12906-018-2374-7
- Choi M, Kim JI, Jeong JB, Lee S, Jeong JN, Jeong HJ, Seo EW, Kim TY, Kwon OJ, Lim JH (2011) Suppressive Effects of By-Product Extracts from Soybean on Adipocyte Differentiation and Expression of Obesity-Related Genes in 3T3-L1 Adipocytes. *J Life Sci* 21(3): 358–367. doi: 10.5352/JLS.2011.21.3.358
- Maisuthisakul P, Gordon MH (2009) Antioxidant and tyrosinase inhibitory activity of mango seed kernel by product. *Food Chem* 117: 332–341. doi: 10.1016/j.foodchem.2009.04.010
- Heo JC, Park JY, An SM, Lee JM, Yun CY, Shin HM, Kwon TK, Lee SH (2006) Anti-oxidant and anti-tumor activities of crude extracts by *Gastrodia elata* blume. *Kor J Food Prev* 13: 83–87
- Lee SB, Lee YK, Kim SD (2006) Solubility, antioxidative and antimicrobial activity of chilosan- ascorbate. *J Med Food* 35: 973–978. doi: 10.3746/jkfn.2006.35.8.973
- Choi YH, Choi CW, Lee JY, Ahn EK, Oh JS, Hong SS (2017) Phytochemical constituents of *Coix lachryma-jobi* var. *ma-yuen* roots and their tyrosinase inhibitory activity. *J Appl Biol Chem* 60(1): 49–54. doi: 10.3839/jabc.2017.009
- Seong ES, Kim SK, Lee JW, Choi SH, Too JH, Lim JD, Na JK, Yu CY (2018) Antioxidant and Antibacterial Activities of the Byproducts of *Abies holophylla* Extract. *Korean J Medicinal Crop Sci* 26(2): 134–140. doi: 10.7783/KJMCS.2018.26.2.134
- Lee BE, Yang JC, Kim BA (2016) A Study of Antioxidative and Antimicrobial Effects of Coffee Residue Extracts. *J Korean Oil Chemists' Soc* 33(3): 606–613. doi: 10.12925/jkocs.2016.33.3.606