

열수 온도, 에탄올 비율, 추출방법에 따른 마(*Dioscorea batatas*)의 기능성 및 특성 연구

김재용 · 금준석 · 박종대 · 성정민 · 최윤상 · 최현욱*
한국식품연구원 가공공정연구단

Functionalities and Properties of Yam (*Dioscorea batatas*) Extract Depending on Various Water Temperature, Ethanol Ratio, and Extraction Methods

Jae-Yong Kim, Jun-Seok Kum, Jong-Dae Park, Jung-Min Sung,
Yun-Sang Choi, and Hyun-Wook Choi*

Food Processing Research Center, Korean Food Research Institute, Wanju 55365, Korea

Abstract

The characteristics of extracts and precipitates after extraction at different water temperature (25, 50, 75, 95°C), ethanol ratio (25, 50, 75, 100%), and extraction method (stir, soak, autoclave) of yam powder and raw yam were investigated. The total polyphenol content was the highest in the 50% ethanol extract of yam powder. The DPPH radical scavenging activity was the highest in the 75% ethanol extraction and the crude saponin content was the highest in the 95°C water extraction. Tyrosinase inhibitory activity was the highest in 95°C water extraction, low concentration of ethanol extraction, and autoclave extraction. The peak viscosity, trough, and final viscosity of the precipitates increased after ethanol extraction, whereas decreased after the 95°C water extraction and the autoclave, indicating the destruction of starch granules. This was confirmed by observing the starch granules broken using the SEM. The significance of this study was to investigate the possibility of the use of yam resources as a material, processing product development, skin beauty functional food and cosmetic material.

Key words: Yam (*Dioscorea batatas*), extraction, total polyphenol, saponin, pasting property

서 론

마는 *Dioscorea* 속에 속하는 다년생 덩굴초본으로 자양, 강장, 당뇨, 설사 등 다양한 효과가 있다(Lee & Kim, 1998). 마는 덩이 뿌리 모양에 따라 장마, 단마, 장풍마 등 약 650종이 있으며, 동남아시아 산지에 많이 자라는 것으로 알려져 있다(Kim et al., 2015).

마의 일반 성분은 수분 82.1%, 조단백질 7.2%, 조지방 1.0%, 조회분 4.5%, 조섬유 2.0%, 무질소화합물 85.3%로 보고 되었으며(Kim et al., 2016), 총 탄수화물 중 전분은 43.7%를 함유하고 있다(Shujun et al., 2006). 약용 성분으로는 아밀로스(amylose), 콜린(choline), 사포닌(saponin), 뮤신(mucin), 아르기닌(arginine), 디오스게닌(diosgenin), 폴리페놀(polyphenol) 등을 함유하고 있다(Kim et al., 2015).

사포닌(saponin)은 인삼, 도라지, 더덕 등에 많이 함유되어 있어 항암, 항염증 작용, 용혈, 자궁 수축 작용의 효능을 가지고 있고(Park et al., 1998, Kwak et al., 2008), 폴리페놀 화합물은 다양한 분자량과 구조를 가진 이차대사산물로 free radical을 제거함으로써 산화를 억제(Moller et al., 1996; Madsen et al., 1996)하여 항암, 항균, 노화방지 등의 효과를 가지는 생리활성물질이다(Koshiura et al., 1985; Cheng et al., 1993; Ahn et al., 2002; Liu et al., 2005).

마의 특징 중 하나는 점성을 나타낸다는 것인데, 이는 마 특유의 점성 물질인 mannan과 globulin이 결합한 당단백질에 의한 것이다(Im et al., 1995; Kim et al., 2006). 마는 주로 생 마로 소비되거나 50-65°C로 열풍 건조한 마를 분말 형태로 제조하여 판매 되고 있는데 열풍 건조한 마는 생 마 특유의 점성이 없고(Kim et al., 2006), 수용액 상에서 분산성이 낮아지며, 갈변과 이미와 이취가 발생하는 단점이 있는 것으로 보고되었다(Lee et al., 2018).

마의 추출물은 피부 미백효과를 보인다는 보고가 있는데(Jang et al., 2016), 피부의 색조를 결정하는 요인인 melanin은 표피 기저층의 melanocyte라고 불리는 색소세포내의

*Corresponding author: Hyun-Wook Choi, Food Processing Research Center, Korea Food Research Institute, Nongsaengmyeong-ro, Iseo-myeon, Wanju-gun, Jeollabuk-do, 55365, Korea
Tel: +82-63-219-9372, Fax: +82-63-219-9076
E-mail: hwchoi96@kfri.re.kr
Received May 21, 2019; revised May 24, 2019; accepted May 24, 2019

melanosome에서 합성된다. 아미노산의 일종인 tyrosine은 멜라닌 세포에서 tyrosinase에 의해 DOPA, DOPA quinone으로 산화된 후, 여러 반응을 거쳐 melanin으로 생성되는 것으로 알려져 있다(Pavel & Miskiet, 1983). Tyrosinase는 피부 멜라닌 생성에 있어서 매우 중요한 역할을 하고 있으며 melanosome 내에서 tyrosine을 산화시켜 DOPA를 만드는 tyrosine hydroxylase로, DOPA를 산화시켜 DOPA quinone을 만드는 DOPA oxidase로서 작용하여 멜라닌을 합성하는 효소로 작용한다. 따라서 tyrosinase의 활성 억제제는 멜라닌 중합체 생합성을 저해할 수 있어, 피부 미백제 개발에 있어 유용한 평가방법으로 인정되고 있다(Lee et al., 2003).

국내 마에 대한 연구로는 건조 방법에 따른 마의 특성 연구(Kwon et al., 1998; Lee et al., 1998; Kim et al., 2006; Kim et al., 2016), 마의 항산화능과 효능(Park et al., 2012; Kim et al., 2015), 마의 쓴맛 물질에 관한 연구(Im et al., 1995), 마를 첨가한 식빵(Yi & Kim, 2001a), 스펀지 케이크(Yi et al., 2001b), 국수(Ahn & Yoon, 2008), 떡(Ha., 2014)의 품질특성 연구, 마 전분의 rheology 특성(Choi et al., 1992; Lee et al., 1992; Lee et al., 2018) 등 다양한 연구가 보고되었다.

본 연구에서는 국내산 마의 활용도를 높이기 위해 시판용 마 분말과 생마를 이용하여 다양한 추출 방법으로 추출하여 추출물의 총 폴리페놀, 항산화능, tyrosinase 활성 억제효능을 알아보고 침전물의 호화 특성, 점도 등을 검토하였다. 이를 통해 마 자원의 소재화, 가공제품 개발, 피부미용 기능성식품 및 화장품 소재로서의 활용가능성 등의 기초 자료로 활용될 수 있도록 하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 마는 안동지역에서 구입한 장마와 주식회사 더원허브에서 구입한 마 분말을 구입하여 사용했다. 마의 추출 기술을 확립하기 위해 추출 용매는 물과 에탄올을 사용하였고, 물의 추출 온도는 25, 50, 75, 95°C, 에탄올의 농도는 25, 50, 75, 100%로 하였다. 추출 방법은 침지, 회분, 가압 가열법을 사용하였다. 침지법과 회분법은 생 마 및 마 분말 고형분 중량의 3배의 추출 용매를 넣어 침지법은 24시간 침지, 회분법 300 rpm으로 24시간 반응하였으며, 가압 가열 추출은 autoclave를 이용하여 121°C에서 30분간 추출한 후 3,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 추출물과 침전물을 분리하였다. 침전물은 동결 건조하여 사용하였다.

마 추출물의 total polyphenol 함량

마 추출물의 total polyphenol 함량을 측정하기 위하여 gallic acid를 표준품으로 이용하였다(농도 10, 12.5, 20, 25,

40, 50, 80, 100 µg/mL). 마 추출물 10 µL을 증류수 90 µL에 희석하였다. Folin & Ciocalteu's phenol (F9252, Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, USA) 용액을 10 µL를 넣고 5-8분간 반응시켰다. 튜브에 100 µL의 7% Na₂CO₃용액을 넣고 90분간 반응시킨 후 750 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다.

마 추출물의 DPPH 라디칼 제거능

DPPH radical scavenging assay는 diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) 라디칼 제거능을 확인하는 실험으로 각 마 추출물 100 µL에 에탄올에 녹인 0.7 mM DPPH 용액 100 µL을 첨가한 후 암실에서 30분간 반응시켰다. 그 후 microplate reader를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH 라디칼 소거능은 아무것도 넣지 않은 대조군에 대한 추출물 첨가군의 흡광도 비율(%)로 나타내었고 ascorbic acid를 표준품으로 이용하였다.

마 추출물의 조사포닌 함량

마 추출물 내 조사포닌의 함량을 측정하기 위하여 진세노사이드 Re를 표준품으로 이용하였다(농도 0.3125, 0.625, 1.25, 2.5 µg/mL). 마 추출물 100 µL을 시험관에 넣고 8% 바닐린-에탄올 용액 300 µL과 72% 황산용액 4 mL을 넣었다. 60°C의 물 증탕으로 10분간 반응시킨 후 545 nm에서 흡광도를 측정하였다.

마 추출물의 tyrosinase 활성 억제효능

마 추출물의 tyrosinase 활성 억제효능을 측정하기 위해서 버섯에서 유래한 tyrosinase (T3824, Sigma-Aldrich)를 이용하였다. 튜브에 마 추출물을 각각 40 µL를 넣고 0.1 M potassium phosphate 20 µL, 0.02 mg/mL 버섯유래 tyrosinase 20 µL를 넣은 후 상온에서 10분간 반응 시켰다. 그 후 기질로 이용될 1 mM L-DOPA를 40 µL 넣어 5분간 추가 반응 시킨 후 475 nm에서 흡광도를 측정하였다.

마 침전물의 Rapid Visco Analysis (RVA) 호화 특성

추출 후 침전물의 호화특성을 AACC Method 61-02에 의하여 Rapid Visco Analyzer (Newport Scientific, RVA-Super4, Sydney, Australia)를 이용하여 측정하였다. 각 시료는 건물 기준으로 14% 수분함량이 되도록 제조하였으며, 측정온도는 1분간 50°C를 유지하고 95°C까지 12°C/min의 속도로 온도를 상승시킨 후 2분 30초 동안 95°C를 유지, 12°C/min의 속도로 50°C까지 온도를 하강시킨 후 50°C에서 2분간 유지하여 점도곡선을 얻었다. 얻어진 점도 곡선으로부터 호화 온도(pasting temperature), 최고 점도(peak viscosity), 최저 점도(trough), 최종 점도(final viscosity)를 측정하고 이들 측정치로부터 breakdown, setback 값을 구하였다.

마 침전물의 겉보기 점도

침전물의 물성 측정은 10% 현탁액으로 균질물을 만들어서 Brookfield viscometer (LVF, Brookfield Eng, Middleboro, MA, USA)로 겉보기 점도를 측정하였다. 측정 조건은 spindle No. 1을 사용하여 20°C에서 100 rpm으로 회전시켜 측정하였다.

마 침전물의 미세구조

마 침전물의 미세구조는 주사전자현미경(S-2380N, Hitachi, Ltd, Tokyo, Japan)을 사용하여 검경하였다. 각각의 마 시료를 ion sputter (C1010, Hitachi Ltd, Tokyo, Japan)를 이용하여 gold-palladium으로 도금한 후, 가속전압 20 kV에서 침전물의 미세구조를 1,000배의 배율로 관찰하였다.

통계처리

실험 결과는 SPSS 12.0 software (Statistical package for Social, SPSS Inc, Chicago IL, USA)를 이용하여 평균과 표준 편차를 구하였고, ANOVA와 Duncan's multiple range test ($p < 0.05$)로 유의적인 차이를 검증하였다.

결과 및 고찰

마 추출물의 total polyphenol 함량

에탄올로 추출한 마 추출물의 total polyphenol 함량을 Fig. 1에 나타내었다. 에탄올 추출법을 이용하여 추출한 시료의 total polyphenol 함량에서 생 마의 경우 25, 75% 에탄올 회분법에서 각각 100.52, 100.93 µg/mL로 가장 높은 값을 보였으며, 100% 에탄올 회분법으로 추출한 시료는 79.70 µg/mL, 25% 에탄올 침지법으로 추출한 시료는 77.68 µg/mL, 100% 에탄올 침지법으로 추출한 시료는 75.02 µg/mL로 낮은 값을 나타내었다.

마 분말로부터 추출한 추출물의 total polyphenol은 50% 에탄올 회분법으로 추출한 시료와 침지법으로 추출한 시료

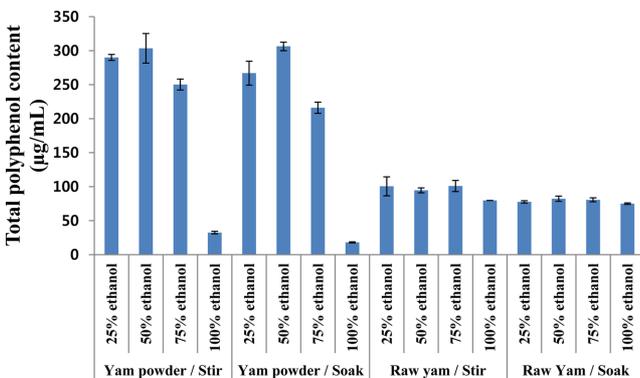


Fig. 1. Total polyphenol content of yam powder and raw yam extracts with various ethanol ratio extractions.

가 각각 303.50 µg/mL, 306.32 µg/mL로 가장 높은 값을 나타내었으며, 100% 에탄올 회분법으로 추출한 시료와 침지법으로 추출한 시료는 각각 32.37 µg/mL, 18.05 µg/mL로 생 마와 마 분말 통틀어서 가장 낮은 total polyphenol 함량을 나타내었다. 따라서 total polyphenol의 함량을 극대화하는 추출법으로, 생 마는 25, 75% 에탄올 회분법, 마 분말은 50% 에탄올 추출법이 가장 유리한 것으로 나타났다.

마 추출물의 항산화능 측정

마 분말과 생 마 추출물의 DPPH 라디칼 제거능을 각각 Fig. 2와 Fig. 3에 나타내었다. 마 분말의 경우 열수 추출법, 가압 가열 추출법에 비해 100% 에탄올 추출법을 제외한 25, 50, 75% 에탄올 추출법으로 추출한 시료가 우수한 DPPH 라디칼 제거능을 보였으며, 그 중에서도 75% 에탄올 회분법으로 추출한 시료에서 DPPH 라디칼 제거능이 88.47%로 가장 높게 나타났다. 생 마의 경우에도 마찬가지로 열수 추출법, 가압 가열 추출법에 비해 상대적으로 에탄올 추출법으로 추출한 시료가 높은 DPPH 라디칼 제거능을 보였으며, 100% 에탄올 추출법에서 회분법과 침지법으로 추출한 시료들이 각각 86.23%, 88.48%로 높은

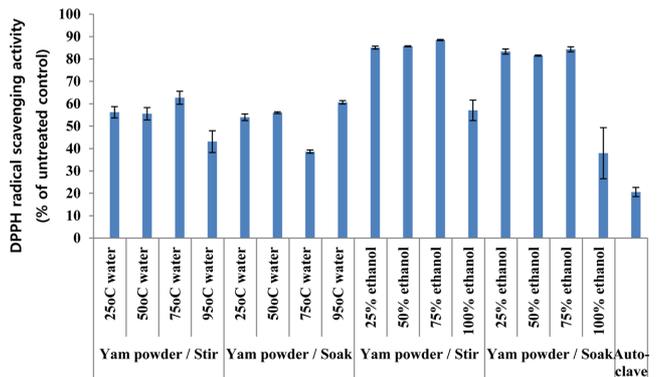


Fig. 2. DPPH radical scavenging activity of yam powder extracts with various extractions.

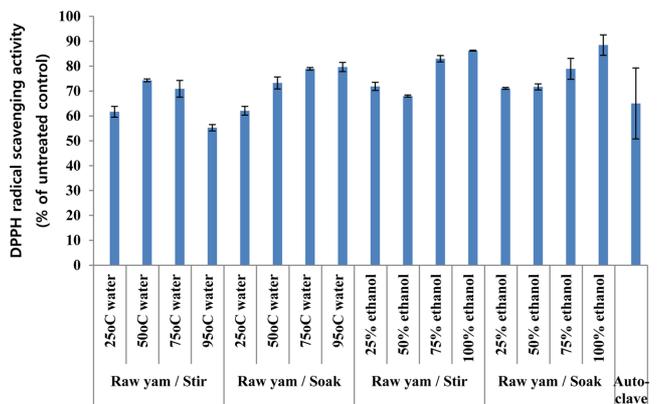


Fig. 3. DPPH radical scavenging activity of raw yam extracts with various extractions.

DPPH 라디칼 제거능을 나타내었다. 식물로부터 추출된 천연물의 경우 phenol 함량이 많을수록 항산화능이 높다고 보고되고 있다(Kim et al., 2015). 그러나 본 실험에서는 마 분말의 경우 100% 에탄올 추출법으로 추출한 시료에서 낮은 total polyphenol 함량과 동시에 낮은 DPPH 라디칼 제거능을 보인 반면, 생 마의 경우 100% 에탄올 추출법으로 추출한 시료에서 낮은 total polyphenol 함량을 보였지만 가장 높은 DPPH 라디칼 제거능을 보였다. 따라서 생 마에만 존재하는 DPPH 라디칼 제거능을 가지는 원인 물질의 정확한 규명이 필요하므로 추출물의 각 성분에 대한 분리와 구조분석 등의 추가 연구도 필요할 것으로 생각된다.

마 분말을 가압 가열 추출법으로 추출한 시료의 경우 20.58%로 가장 낮은 DPPH 라디칼 제거능을 보였는데, 이는 높은 압력과 온도 때문에 항산화 물질의 파괴로 인한 결과로 생각된다.

마 추출물의 조사포닌 함량

마 분말과 생 마 추출물의 조사포닌 함량을 각각 Fig. 4 및 Fig. 5에 나타내었다. 조사포닌 함량은 반드시 열수 추출온도에 따라 올라가는 것은 아니지만 95°C에서 마 분말 회분법으로 추출한 시료는 2.13 mg/mL, 침지법으로 추출한

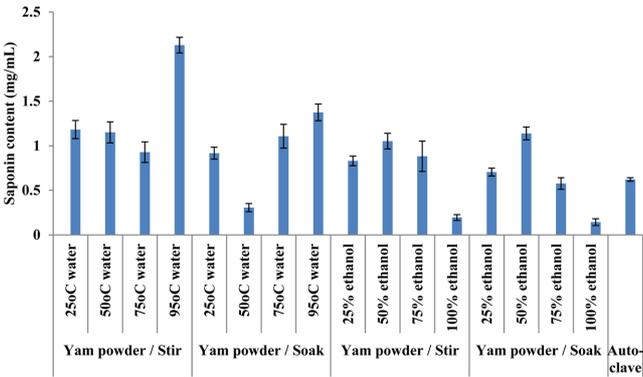


Fig. 4. Saponin content of yam powder extracts with various extractions.

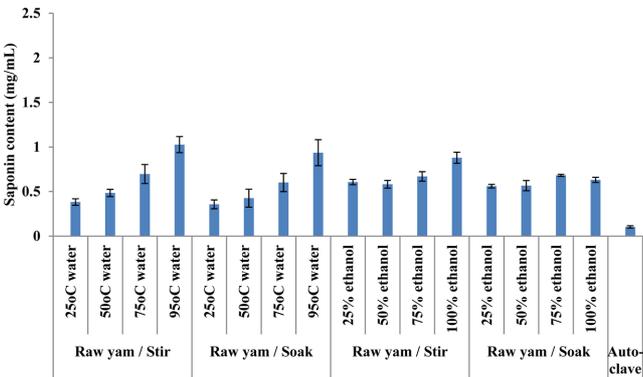


Fig. 5. Saponin content of raw yam extracts with various extractions.

시료는 1.37 mg/mL로 나타났고, 생 마 회분법으로 추출한 시료는 1.03 mg/mL, 침지법으로 추출한 시료는 0.94 mg/mL로 95°C로 추출했을 때 가장 높은 조사포닌 함량을 나타내었다.

에탄올 추출법은 마 분말의 경우에는 50% 에탄올로 추출했을 때 1.05 mg/mL, 생 마의 경우에는 100% 에탄올로 회분법을 사용하여 추출했을 때 0.88 mg/mL 가장 높은 조사포닌 함량을 나타내었다. 결과적으로 조사포닌 함량을 극대화 하는 추출 법으로는 95°C 열수 회분 추출법인 것으로 나타났다.

마 추출물의 tyrosinase 활성 억제효능

마 분말과 생 마 추출물의 tyrosinase 활성 억제 결과를 Fig. 6과 Fig. 7에 각각 나타내었다. 마 분말의 경우 모든 샘플에 해당되는 것은 아니지만 대부분의 샘플에서 에탄올 추출 보다는 열수추출과 가압 가열 추출법에서 tyrosinase 활성 억제능이 높게 나타났으며, 특히 회분법으로 추출한 시료에서는 75, 95°C에서 각각 148.30%, 142.03%, 침지법으로 추출한 시료에서는 50, 95°C에서 각각 147.57%, 133.03%, 가압 가열법으로 추출한 시료에서는 139.07%로

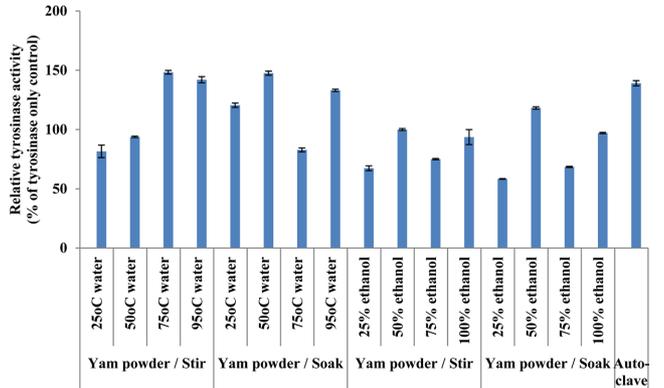


Fig. 6. Relative Tyrosinase activity of yam powder extracts with various extractions.

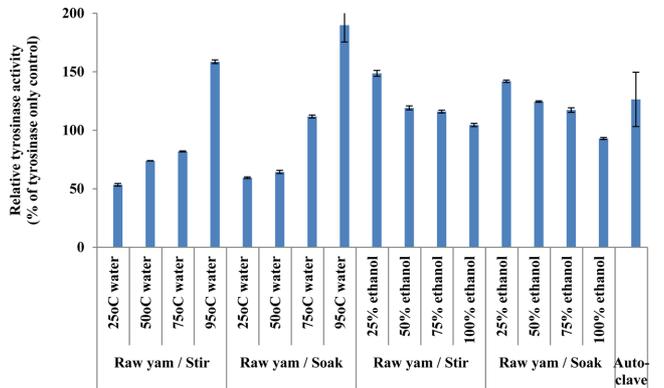


Fig. 7. Relative Tyrosinase activity of raw yam extracts with various extractions.

높게 나타났다.

생 마에서 열수 추출법으로 추출한 시료의 경우 추출 온도가 올라갈수록 높은 tyrosinase 활성 억제능이 보였는데 회분법으로 추출한 시료의 경우 25°C에서 3.44% 였지만 95°C에서 158.58%로 증가하였고, 침지법으로 추출한 시료에서는 25°C에서 59.41, 95°C에서 189.79%로 증가하는 경향을 보였다. 에탄올 추출법으로 추출한 시료에서는 에탄올 함량이 증가할수록 tyrosinase 활성 억제능은 감소하는 경향을 보였는데 회분법으로 추출한 시료에서 25% 에탄올은 148.66%인 반면 100% 에탄올은 104.45% 였으며, 침지법으로 추출한 시료에서 25% 에탄올은 141.89%였고 100% 에탄올은 92.98%로 감소하는 경향을 나타내었고, 가압 가열 추출법으로 추출한 시료는 126.39%로 높은 tyrosinase 활성 억제능을 보였다. 따라서 tyrosinase 활성 억제능이 높은 추출물을 얻기 위해서는 마 분말은 95°C 열수 추출, 50% 에탄올 추출 또는 가압 가열 추출법이 적당하며, 생 마의 경우에는 95°C 열수추출, 25% 에탄올 추

출 또는 가압 가열 추출법으로 추출 시 미백에 효과가 높을 것으로 추측된다.

마 침전물의 RVA 호화 특성

마 분말 열수 추출 및 가압 가열 추출법 침전물의 RVA 호화 특성을 Table 1에, 에탄올 추출법 침전물의 RVA 호화 특성을 Table 2에 나타내었다. 또한 생 마 열수 추출 및 가압 가열 추출법 침전물의 RVA 호화 특성을 Table 3에, 에탄올 추출법을 침전물의 RVA 호화 특성을 Table 4에 나타내었다.

마 분말의 pasting temperature는 25, 50°C 열수 추출과 에탄올 추출법의 침전물에서는 control에 비해 약간의 감소를 나타냈고, 75°C 열수 추출법의 침전물의 경우에는 pasting temperature가 나타나지 않았는데 이는 열수 처리를 통한 마 전분의 아밀로오스 침출 및 팽윤력의 감소로 인해(Lee et al., 2016) pasting temperature가 실험 설정 온도인 95°C 이상으로 나타나 데이터에 나타나지 않은 것으

Table 1. Pasting properties of yam powder precipitates after extraction with various water temperatures

| Solvent | Methods | Conditions | Viscosity (cp) | | | | | Pasting temp (°C) |
|-----------|-----------|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| | | | Peak viscosity | Trough | Final viscosity | Setback | Break-down | |
| | Control | | 1,346±13 ^{e*} | 1,284±13 ^c | 1,716±8 ^d | 432±5 ^d | 62±0 ^c | 88.2±0.0 ^a |
| | Stir | 25°C | 2,015±6 ^c | 1,864±1 ^a | 2,405±8 ^b | 541±9 ^c | 151±7 ^{bc} | 87.3±0.0 ^b |
| | | 50°C | 2,087±5 ^b | 1,955±3 ^a | 2,420±19 ^b | 465±16 ^d | 132±2 ^{bc} | 86.5±0.1 ^c |
| | | 75°C | 190±1 ⁱ | 143±2 ^f | 329±4 ^{gh} | 186±6 ^e | 48±1 ^c | N/M ¹⁾ |
| | | 95°C | 196±1 ⁱ | 103±1 ^f | 225±4 ^h | 122±2 ^h | 93±0 ^c | 72.6±0.0 ^d |
| Hot-water | Soak | 25°C | 2,149±28 ^a | 1,919±13 ^a | 2,881±3 ^a | 962±10 ^a | 230±15 ^{ab} | 86.5±0.1 ^c |
| | | 50°C | 1,892±77 ^d | 1,591±24 ^b | 2,261±17 ^c | 670±73 ^b | 301±19 ^a | 87.6±0.4 ^b |
| | | 75°C | 266±5 ^b | 190±4 ^f | 431±11 ^g | 241±7 ^f | 76±1 ^c | N/M |
| | | 95°C | 797±0 ^e | 749±1 ^c | 892±1 ^f | 144±1 ^{gh} | 49±1 ^c | 66.0±0.1 ^f |
| | Autoclave | | 1,139±12 ^f | 984±26 ^d | 1,291±13 ^c | 308±13 ^c | 155±14 ^{bc} | 67.7±0.0 ^e |

*Same letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

¹⁾ Not measured

Table 2. Pasting properties of yam powder precipitates after extraction with various ethanol ratios

| Solvent | Methods | Conditions | Viscosity (cp) | | | | | Pasting temp (°C) |
|---------|---------|------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|---------------------|---------------------|------------------------|
| | | | Peak viscosity | Trough | Final viscosity | Setback | Break-down | |
| | Control | | 1,346±13 ^{g*} | 1,284±13 ^g | 1,716±8 ^f | 432±5 ^c | 62±0 ^c | 88.2±0.0 ^a |
| | Stir | 25% | 2,261±33 ^b | 2,120±34 ^c | 2,840±59 ^a | 720±25 ^a | 141±1 ^a | 84.9±0.1 ^c |
| | | 50% | 2,466±1 ^a | 2,432±1 ^a | 2,884±8 ^a | 452±7 ^c | 34±0 ^{de} | 85.4±0.6 ^{bc} |
| | | 75% | 1,968±19 ^d | 1,931±23 ^d | 2,373±36 ^c | 442±13 ^c | 37±4 ^{de} | 86.6±0.1 ^{ab} |
| | | 100% | 1,571±1 ^f | 1,548±4 ^f | 1,864±18 ^c | 317±22 ^e | 23±3 ^e | 87.8±0.6 ^a |
| Ethanol | Soak | 25% | 2,090±37 ^c | 1,994±36 ^d | 2,642±58 ^b | 649±22 ^b | 96±1 ^b | 86.9±0.6 ^a |
| | | 50% | 2,395±71 ^a | 2,352±63 ^b | 2,822±15 ^a | 470±52 ^c | 44±8 ^d | 85.3±0.6 ^{bc} |
| | | 75% | 1,821±40 ^c | 1,779±27 ^c | 2,226±17 ^d | 447±10 ^c | 42±13 ^d | 85.7±0.1 ^{bc} |
| | | 100% | 1,527±9 ^f | 1,489±22 ^f | 1,863±25 ^c | 375±4 ^d | 38±13 ^{de} | 87.7±1.7 ^a |

*Same letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

Table 3. Pasting properties of raw yam precipitates after extraction with various water temperatures

| Solvent | Methods | Conditions | Viscosity (cp) | | | | | Pasting temp (°C) |
|-----------|---------|-----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | Peak viscosity | Trough | Final viscosity | Setback | Break-down | |
| | Control | | 1,369±34 ^{h*} | 1,082±35 ^f | 1,364±28 ⁱ | 282±7 ^e | 288±69 ^{de} | 90.2±2.7 ^{ab} |
| Hot-water | Stir | 25°C | 3,983±35 ^a | 3,245±29 ^g | 4,637±42 ^a | 1,392±13 ^a | 739±64 ^a | 87.4±0.0 ^c |
| | | 50°C | 3,298±21 ^d | 2,961±7 ^b | 3,952±23 ^c | 991±16 ^c | 337±14 ^{cd} | 88.2±0.1 ^{bc} |
| | | 75°C | 1,736±12 ^f | 1,348±38 ^e | 2,486±47 ^f | 1,138±8 ^b | 388±26 ^c | 91.0±0.7 ^a |
| | | 95°C | 1,627±6 ^e | 1,606±11 ^d | 2,236±28 ^g | 631±39 ^f | 22±5 ^g | 65.7±0.6 ^e |
| | Soak | 25°C | 3,586±35 ^c | 2,933±12 ^b | 3,725±1 ^d | 792±11 ^e | 653±23 ^b | 87.5±0.1 ^c |
| | | 50°C | 2,451±35 ^e | 2,382±38 ^e | 3,016±8 ^e | 634±46 ^f | 69±3 ^g | 88.6±0.6 ^{bc} |
| | | 75°C | 1,159±40 ^j | 936±35 ^g | 1,859±36 ^h | 923±1 ^d | 224±5 ^{ef} | 89.8±0.1 ^{ab} |
| | | 95°C | 847±1 ^j | 664±6 ^h | 875±8 ^j | 211±2 ^h | 183±5 ^f | 71.4±0.6 ^d |
| Autoclave | | 3,819±13 ^b | 3,179±48 ^g | 4,351±14 ^b | 1,172±62 ^b | 640±61 ^b | 62.7±0.1 ^f | |

*Same letters in the same column are not significantly different ($p<0.05$).

Table 4. Pasting properties of raw yam precipitates after extraction with various ethanol ratios

| Solvent | Methods | Conditions | Viscosity (cp) | | | | | Pasting temp (°C) |
|---------|---------|------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | | | Peak viscosity | Trough | Final viscosity | Setback | Break-down | |
| | Control | | 1,369±34 ^{f*} | 1,082±35 ^f | 1,364±28 ^e | 282±7 ^d | 288±69 ^e | 90.2±2.7 ^{ab} |
| Ethanol | Stir | 25% | 3,553±95 ^b | 3,248±18 ^g | 4,195±10 ^a | 948±8 ^b | 306±87 ^c | 90.3±0.6 ^{ab} |
| | | 50% | 3,873±35 ^a | 3,172±29 ^g | 4,377±47 ^a | 1,205±18 ^a | 702±6 ^c | 87.0±0.6 ^{cd} |
| | | 75% | 3,684±98 ^b | 2,770±78 ^{bc} | 3,723±1 ^b | 954±80 ^b | 914±49 ^b | 89.8±1.2 ^{ab} |
| | | 100% | 3,980±36 ^a | 2,626±11 ^d | 3,340±1 ^{cd} | 714±11 ^c | 1,354±25 ^a | 85.8±0.0 ^d |
| | Soak | 25% | 2,746±71 ^e | 2,680±57 ^{cd} | 3,376±85 ^{cd} | 697±97 ^c | 66±14 ^f | 91.8±0.6 ^a |
| | | 50% | 3,378±97 ^c | 2,801±92 ^b | 3,579±86 ^{bc} | 778±45 ^{bc} | 577±15 ^d | 85.8±0.0 ^d |
| | | 75% | 3,240±52 ^{cd} | 2,669±13 ^{cd} | 3,482±39 ^c | 813±26 ^{bc} | 571±40 ^d | 85.4±0.6 ^d |
| | | 100% | 3,128±23 ^d | 2,392±12 ^e | 3,147±18 ^d | 756±30 ^c | 736±11 ^c | 88.4±0.1 ^{bc} |

*Same letters in the same column are not significantly different ($p<0.05$).

로 생각된다. 95°C 열수 추출법에서 pasting temperature는 회분법 침전물은 72.6°C, 침지법 침전물은 66.0°C, 가압 가열 추출법 침전물은 67.7°C로 확연하게 감소한 것을 확인할 수 있었다. Peak viscosity는 control이 1,349 cp인 것에 비해 대부분 침전물이 1,527-2,466 cp로 증가했으나, 75°C, 95°C 열수 추출법의 침전물과 가압 가열 추출법의 침전물은 190-1,139 cp로 확연하게 감소함을 나타내었다. Trough 값과 final viscosity 역시 대부분 control 보다 높게 나타났지만 75°C, 95°C 열수 추출법의 침전물과 가압 가열 추출법의 침전물은 control 보다 낮게 나타났다. 이러한 95°C 열수 추출의 침전물과 가압 가열 추출법의 침전물의 pasting temperature 및 viscosity 감소는 Fig. 8에서 볼 수 있듯이 마 전분의 구조파괴에 의한 것으로 생각된다. Setback은 대부분 control과 비슷하게 나타났으나, 50°C 열수 침지법으로 추출한 침전물의 경우 301 cp로 가장 높은 값을 나타내 아밀로오스에 의한 노화도가 가장 크게 일어난 것으로 판단된다.

생 마 침전물의 pasting temperature는 대부분 control의 90.2°C 보다 낮게 나타났지만, 75°C 회분법 침전물에서 91.0°C로 약간 상승한 것은 마 분말과 같은 이유인 것으로 생각된다. 95°C 추출법에서 회분법 침전물은 65.7°C, 침지법 침전물은 71.4°C, 가압 가열법 침전물은 62.7°C로 낮은 값을 보인 것 역시 마 분말처럼 전분구조의 파괴에 의한 것으로 생각된다. Peak viscosity, trough, final viscosity는 control에 비해 대부분 증가했지만 75°C, 95°C 열수 추출 침지법 침전물의 경우에는 control보다 낮은 값을 나타냈다. Setback은 control이 282 cp인 것에 비해 대부분의 침전물에서 높은 값을 보였으며, 특히 25°C 열수 추출 회분법 침전물의 경우 1,392 cp로 가장 높은 값을 나타냈다. 이는 마 분말과 생 마를 추출한 이후에 부산물을 활용하기 위한 기초 데이터로 활용이 가능할 것으로 생각된다.

마 침전물의 겔보기 점도

마 침전물의 겔보기 점도를 Table 5에 나타내었다. 마

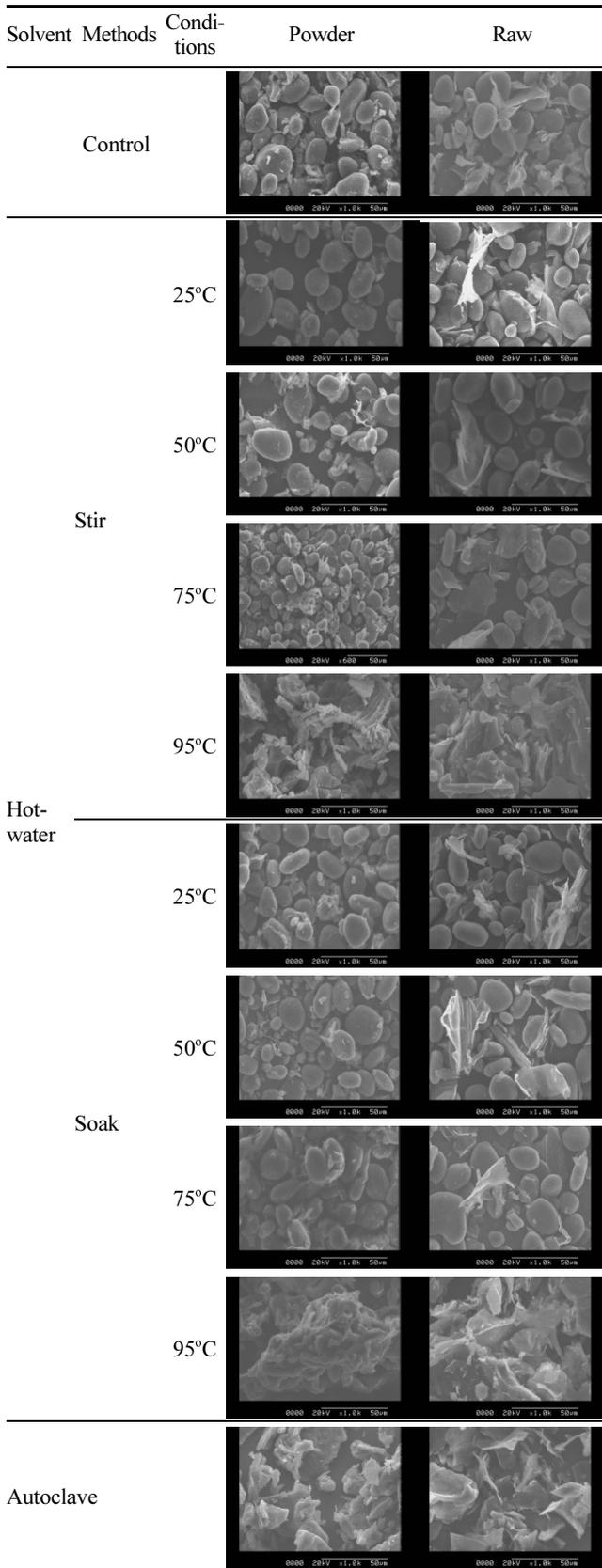


Fig. 8. Scanning Electron Micrographs of yam powder and raw yam precipitates after extraction with different water temperatures.

Table 5. Apparent viscosity of yam powder and raw yam precipitates after extraction with various water temperature and ethanol ratios
Unit : cp

| Solvent | Methods | Conditions | Yam powder | Raw yam |
|-----------|---------|------------|--------------------------|--------------------------|
| Hot-water | Stir | Control | 7.98±0.23 ^{bc*} | 13.56±0.41 ^g |
| | | 25°C | 5.82±0.33 ^f | 14.26±0.23 ^f |
| | | 50°C | 6.01±0.21 ^f | 13.88±0.33 ^f |
| | | 75°C | 6.10±0.15 ^f | 15.64±0.21 ^{dc} |
| | | 95°C | 8.03±0.05 ^b | 14.77±0.19 ^c |
| Ethanol | Soak | 25°C | 6.18±0.06 ^f | 15.28±0.09 ^c |
| | | 50°C | 6.30±0.23 ^e | 16.04±0.17 ^d |
| | | 75°C | 6.48±0.22 ^e | 17.46±0.24 ^c |
| | | 95°C | 8.28±0.31 ^b | 16.88±0.22 ^c |
| | | 100% | 7.20±0.09 ^d | 18.12±0.34 ^b |
| Ethanol | Stir | 25% | 7.62±0.21 ^c | 17.76±0.41 ^{bc} |
| | | 50% | 6.48±0.11 ^e | 15.56±0.35 ^e |
| | | 75% | 6.98±0.16 ^d | 17.00±0.26 ^c |
| | | 100% | 7.43±0.24 ^c | 18.58±0.17 ^b |
| | | 100% | 7.71±0.35 ^{bc} | 17.26±0.06 ^c |
| Autoclave | Soak | 25% | 6.98±0.26 ^d | 16.30±0.26 ^d |
| | | 50% | 7.05±0.15 ^d | 19.10±0.14 ^a |
| | | 75% | 9.12±0.19 ^a | 18.36±0.39 ^b |
| | | 100% | | |
| | | 100% | | |

*Same letters in the same column are not significantly different ($p < 0.05$).

분말 control의 점도는 7.98 cp이고 생 마 control의 점도는 13.56 cp로 생 마의 점도가 더 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 마 분말 침전물의 점도는 대부분 5.82-7.71 cp로 control에 비해 낮아졌으나, 95°C 열수추출, 가압 가열 추출법 침전물의 경우에는 control 보다 높은 점도를 나타냈다. 생 마의 경우에는 모든 침전물이 control 보다 높게 나타났으며 특히, 100% 에탄올 침지법으로 추출한 침전물은 19.10 cp로 가장 높은 점도를 나타냈다. 모든 sample에서 마 분말 침전물보다 생 마 침전물의 점도가 높게 나타났는데, 이는 시판되고 있는 마 분말의 경우 열풍 건조로 인한 마의 점성 물질의 파괴로 마 특유의 점성이 없고(Kim et al., 2006), 동결 건조한 마의 경우 특유의 점성을 가장 잘 유지한다는 보고와 일치한 결과를 나타내었다(Lee et al., 1994).

마 침전물의 Scanning electron microscope (SEM) 미세구조특성

열수 추출 및 가압 가열추출 마 침전물의 SEM 미세구조를 Fig. 8에, 에탄올 추출 마 침전물의 SEM 미세구조를 Fig. 9에 나타내었다. 열수 추출에서 마 분말과 생 마 모두에서 대부분 손상되지 않은 전분이 발견되었지만 95°C 열수 추출법과 가압 가열법으로 추출한 침전물의 경우 높은 온도에 의해 전분이 호화되어 구조가 완전히 파괴된 것을 확인할 수 있었다. 이는 RVA 호화 특성에서 95°C 열수 추출법과 가압 가열법으로 추출한 침전물의 viscosity 감소

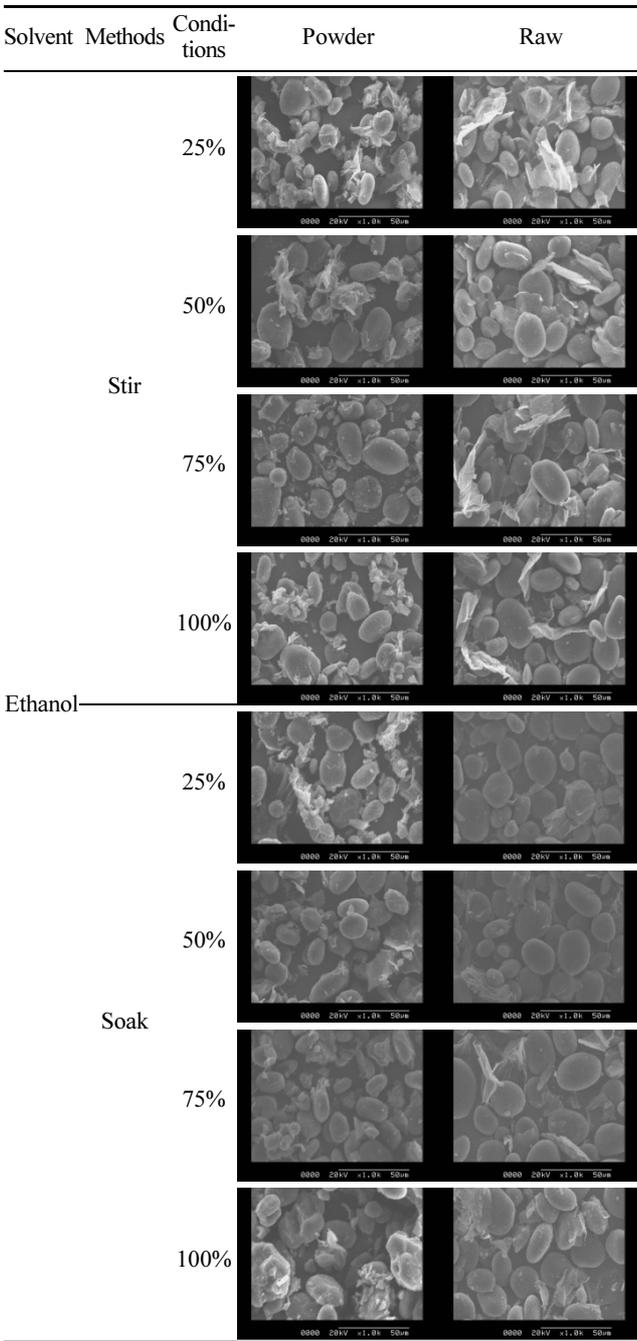


Fig. 9. Scanning Electron Micrographs of yam powder and raw yam precipitates after extraction with different ethanol ratios.

에 대한 원인을 증명 할 수 있는 결과로 추출과정에서 마 전분의 구조 유지의 여부를 결정할 수 있을 것으로 판단 된다.

요 약

마 분말과 생 마의 추출 용매(열수 25, 50, 75, 95°C, 에 탄올 25, 50, 75 100%) 및 추출 방법(회분법, 침지법)에

따른 추출물과 추출 후 침전물에 대한 특성을 알아보았다. 추출물의 total polyphenol 대부분 생 마 보다는 마 분말에 서 더 높게 나타났고 마 분말 50% 에탄올 추출에서 가장 높은 함량을 나타냈다. DPPH 라디칼 제거능은 마 분말과 생 마 모두 75% 에탄올 추출법에서 높은 제거능을 보였고, 가압 가열 추출법은 높은 압력과 온도에 의한 항산화 물질 의 파괴로 인해 낮은 제거능을 보였다. 조사포닌 함량은 마 분말과 생 마 모두 95°C 열수 추출법에서 가장 높은 함량을 나타냈다. 티로시네이즈 활성 억제능에서는 마 분 말의 경우는 95°C 열수 추출법 또는 가압 가열 추출법, 생 마의 경우에는 95°C 열수 추출법, 25% 에탄올 추출법 또 는 가압 가열 추출법으로 추출한 시료가 가장 티로시네이 즈의 활성을 억제하는 것으로 나타났다. 침전물의 RVA 호 화특성 결과 대부분 추출법에서 peak viscosity, trough, final viscosity 등이 control에 비해 증가하는 결과가 나온 반면 95°C 열수 추출법과 가압 가열 추출법에서는 전분 그래놀의 파괴를 SEM을 통하여 확인하였고 그로 인한 viscosity 감소 현상이 나타났다. 그러나 마 분말 75°C 열 수 추출의 경우 전분 그래놀의 파괴는 SEM에서 관찰되지 않았음에도 viscosity가 감소한 것에 대한 추가 연구도 필 요할 것으로 생각된다. 침전물 현탁액의 점도는 마 분말에 서 5.82-9.12 cp, 생 마에서 13.88-19.10 cp로 생 마에서 더 높게 나타났으며 이는 생 마의 점액 물질에 의한 결과로 생각되었다. 본 연구를 통해 마의 추출물과 침전물의 특성 을 확인함으로써 마를 활용한 소재화, 식품 및 피부미용 기능성식품 및 화장품 소재 개발을 위한 데이터 자료로써 활용될 수 있을 것이라 생각된다.

감사의 글

이 논문은 2019년도 과학기술정보통신부와 농림축산식품 부의 재원으로 한국식품연구원의 지원(E0193115)과 농림식 품기술기획평가원의 고부가가치식품기술개발사업의 지원 (318029-03)을 받아 수행된 연구성과로 이에 감사드립니다.

References

Ahn JW, Yoon JY. 2008. Quality characteristics of noodles added with *Dioscorea japonica* powder. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 528-533.
 Ahn SC, Kim BY, Oh WK, Lee MS, Bae EY, Kang DW, Ahn JS. 2002. Screening of inhibitory of medicinal plants against hepari-nase. Korean J. Pharmacognosy. 33: 144-150.
 Cheng JT, Hsu FL, Chen HF. 1993. Antihypertensive principles from the leaves of *Melastome candidum*. Planta Med. 59: 405-407.
 Choi IS, Lee LS, Koo SJ. 1992. Study on rheological and thermal properties of *Dioscorea batatas* DECAISNE starch. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 8: 57-63.

- Ha HS. 2014. Quality characteristics of *Ssukgaen Dduk* made with high-dietary fiber rice 'Goami' focused on yam and glutinous rice. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 43: 1571-1578.
- Im SA, Kim YH, Oh SH, Ha TI, Lee MJ. 1995. The study on the comparisons of ingredients in yam and bitter taste material of African yam. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 24: 74-81.
- Jang AR, Lee KK, Kim MK. 2016. Screening on the phenolic acids and flavonoids compositions and skin care cosmetic physiological activities of *Dioscorea japonica* yam tuber and aerial bulbil extracts. *J. Korean. Soc. Cosmet.* 22: 197-204.
- Kim IH, Son HS, Chung KM. 2006. Viscosity of yam suspension by drying methods and additives. *Korean J. Food Sci. Technol.* 38: 444-447.
- Kim KM, Kang MK, Kim KJ, Kim GC, Choi SY. 2015. Physicochemical composition and antioxidant activities of Korean *Dioscorea* species. *J. East Asian Soc. Dietary Life.* 25: 880-886.
- Kim JY, Lee YC, Kim YC, Kim YB, Choi HY. 2016. Research on processing properties of Yam (*Dioscorea batatas*) by drying methods and milling methods. *Korean J. Food Sci. Technol.* 20: 307-313.
- Koshiura R, Miyamoto K, Ikeya Y, Taguchi H. 1985. Antitumor activity of methanol extract from roots of *Agrimonia pilosa* Ledeb. *Japan. J. Pharmacol.* 38: 9-16.
- Kwak YS, Choi KH, Kyung JS, Won JY, Rhee MH, Lee JG, Hwang MS, Kim SC, Park CK, Lee BY, Lee YC, Kim HM, Kim CJ, Park MH. 1992. Rheological properties of the gelatinized yam starch solution. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 619-622.
- Kwon JH, Lee GD, Lee SJ, Chung SK, Choi JU. 1998. Changes in chemical components and physical properties with freeze drying and hot air - drying of *Dioscorea batatas*. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 27: 908-913.
- Lee BY, Lee YC, Kim HM, Kim CJ, Park MH. 1992. Rheological properties of the gelatinized yam starch solution. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 619-622.
- Lee BY, Kim HK. 1998. Quality properties of Korean yam by various drying method. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 877-882.
- Lee BY, Park DJ, Ku KH, Mok C. 1994. Mucilage separation of Korean yam using microparticulation/air classification process. *Korean J. Food Sci. Technol.* 26: 596-602.
- Lee DJ, Choi SM, Lim ST. 2016. Effect of hydrothermal and enzymatic treatments on the physicochemical properties of waxy maize flour. *Korean J. Food Sci. Technol.* 48: 165-171.
- Lee HJ, Seo DH, Kim HS. 2018. Effect of starch extraction solutions on extraction and physicochemical property of Chinese yam (*Dioscorea batatas*) starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* 50: 191-197.
- Lee JS, Kim JA, Cho SH, Son AR, Jang TS, So MS, Chung SR, Lee SH. 2003. Tyrosinase inhibitors isolated from roots of *glycyrrhiza glabra* L. *Korean. J. Pharmacogn.* 34: 33-39.
- Liu R, Ye M, Gu o H, Bi K, Guo D. 2005. Liquid chromatography electrospray ionization mass spectrometry for the characterization of twenty-three flavonoids in the extract of *Dalbergia odorifera*. *Rapid Commun. Mass Spectrom.* 19: 1557-1565.
- Madsen HL, Nielsen BR, Bertelsen G, Skibsted LH. 1996. Screen of antioxidative activity of spices. A comparison between assays based on ESR spin trapping and electrochemical measurement of oxygen consumption. *Food Chem.* 57: 331-337.
- Moller JKS, Madsen HL, Altonen T, Skibsted LH. 1996. Dittany (*Origanum dictamnus*) as a source of water-extractable antioxidants. *Food Chem.* 64: 215-219.
- Park HJ, Kim WB, Yoo KO, Jung WT. 1998. Chemical analysis on biologically active substances among habitats of *Allium victorialis* for a high income crop. *Korean J. Plant Resour.* 11: 51-60.
- Park JS, Lee JH, Bang KS. 2012. Evaluation of antioxidant capacity and antimutagen activity of bulbil extracts of the *Dioscorea japonica* decaisne and *Dioscorea batatas* decaisne. *Korean J. Plant Resour.* 25: 200-208.
- Pavel S, Miskiet FA. 1983. Eumelanin (precursor) metabolites as markers for pigmented malignant melanoma, a preliminary report. *Cancer Detect. Prev.* 6: 311-316.
- Shujun W, Hongyan L, Wenyuan G, Haixia C, Jiugao Y, Peigen X. 2006. Characterization of new starches separated from different Chinese yam (*Dioscorea opposita* Thunb.) cultivars. *Food Chem.* 99: 30-37.
- Yi SY, Kim CS. 2001. Effects of added yam powders on the quality characteristics of yeast leavened pan breads made from imported wheat flour and Korean wheat flour. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 56-63.
- Yi SY, Kim CS, Song YS, Park JH. 2001. Studies on the quality characteristics of sponge cakes with addition of yam powders. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 30: 48-55.