

마카 추출액의 생리활성 효과

권윤숙¹ · 전인숙² · 황진현² · 임동민¹ · 강용수¹ · 정해정^{2*}

¹유진종합식품
²대진대학교 식품영양학과

Biological Activities of Maca (*Lepidium meyenii*) Extracts

Yun-Suk Kwon¹, In-Sook Jeon², Jin-Hyeon Hwang², Dong-Min Lim¹,
Yong Soo Kang¹, and Hai-Jung Chung^{2*}

¹Eue Gene General Food Ltd., Gyeonggi 487-711, Korea

²Dept. Food Science & Nutrition, Daejin University, Gyeonggi 487-711, Korea

Abstract

This study was conducted to determine the optimal extraction conditions for maca by comparing the yields, total polyphenol contents, superoxide dismutase (SOD)-like activity and the nitrite scavenging ability. The proximate composition analysis showed 6.57% moisture, 12.83% crude protein, 1.05% crude fat, 4.80% ash and 74.75% carbohydrate. Maca was extracted with 7 different solvents (water, methanol, ethanol, acetone, ethyl acetate, chloroform and hexane) and the extracts were tested for biological activities. The extraction yields of water, methanol and ethanol extracts were 46.2%, 21.4% and 16.8%, respectively. Acetone, ethyl acetate, chloroform and hexane exhibited very low extraction yield, ranging from 0.2 to 1.0%. Total polyphenol contents and the nitrite scavenging ability were the highest in water extract. Electron donating ability and the SOD-like activity were the highest in methanol extract. When water extract was drawn out at different extraction temperatures (30, 70, 100°C) and time (1, 3, 5 hr), the improved biological activities (total polyphenol contents, electron donating ability, SOD-like activity and nitrite scavenging ability) were found in extracts treated at 100°C for 3 or 5 hrs.

Key words: maca, polyphenol contents, electron donating ability, SOD-like activity, nitrite scavenging ability

서 론

21세기를 맞이하여 국민들의 소득 수준 향상과 소비인식의 변화로 인하여 소비자들은 식품의 생명유지 기능과 기호적 기능뿐만 아니라 노화 방지, 만성질환 및 성인병 예방 등의 생체 조절 기능까지 갖춘 식품에 관심을 갖기 시작하였다. 이에 따라 학계 및 산업계에서는 다양한 식물자원의 생리활성을 연구하여 새로운 식품소재로의 이용가능성을 보고하였다(1-4).

십자화과(Brassicaceae)에 속하는 마카(*Lepidium meyenii*)는 페루의 안데스 산맥 해발 4,000 m 이상의 고지대에서 재배되는 다년생 식물로 감자와 비슷한 형태인 뿌리부분이 토착인들에게 주요한 식량자원으로 이용되고 있다(5). 마카는 추위, 강풍, 가뭄 등 어려운 자연 환경에서 자라기 때문에 생명력이 매우 강하고, 탄수화물, 단백질, 지질, 비타민, 무기질, 섬유소 등이 골고루 함유되어 있을 뿐만 아니라 알칼로이드, 스테로이드, 탄닌, 사포닌 등의 다양한 생리활성 물질

이 존재하는 것으로 보고되고 있다(6-10). 페루에서는 마카를 전통적인 약용식물로 간주하고 있고 뿌리를 건조시켜 만든 분말, 캡슐, 환(丸) 등의 형태로 가공 유통하고 있으며 페루 당국에서는 마카종자를 보존하고 해외에 범람하는 것을 막기 위하여 1차 가공하여 분말화한 것만 수출하도록 하고 있다. 마카는 미국의 경우 식이보충음식(DSHEA, 1994)으로 등록되어 있어 porridge, 젤, 푸딩과 같은 형태로 섭취하고 있으며, 일본에서는 기능성을 인정받아 건강식품시장에서 꾸준한 성장세를 기록하여 2007년 기준으로 마카 제품의 시장 규모가 60~70억 엔 정도로 추정하고 있다(11). 우리나라에서는 식품의약품안전청에서 부원료로 지정한 수입허가 품목이며 기능성식품으로는 아직 지정되어 있지 않다. 마카에 대한 국내의 연구로는 성분분석에 대한 연구(12)가 보고되어 있을 뿐, 기능성을 연구한 사례는 없는 실정이다. 최근 마카 가공제품의 수요가 점차 증가하고 있어 국내의 실정에 맞는 적합한 연구가 수행되지 않으면 자칫 마카의 오남용 사태를 초래할 수 있을 것이다. 따라서 본 연구에서

*Corresponding author. E-mail: haijung@daejin.ac.kr
Phone: 82-31-539-1861, Fax: 82-31-539-1860

는 마카 분말을 다양한 용매로 추출하여 기능성을 조사하고 최적의 추출조건을 확립함으로써 향후 마카를 이용한 기능성식품 개발의 기초 자료로 활용하고자 한다.

재료 및 방법

재료 및 시약

본 실험에 사용한 마카는 페루에서 재배되어 분말 상태로 가공된 것을 수입(A.T.S. Corp.)하여 시료로 사용하였다. 추출에 사용된 용매와 시약은 특급 및 일급 시약을 구입하여 사용하였다.

일반성분 분석

마카 분말의 수분, 조단백질, 조지방 및 회분함량은 AOAC 법(13)에 따라 측정하였다. 즉, 수분은 105°C 상압가열건조법, 조단백질은 micro Kjeldahl법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 회분은 550°C 직접 회화법으로 측정하였으며 탄수화물 함량은 시료 100 g 중에서 수분, 조단백질, 조지방 및 회분 함량을 뺀 값으로 하였으며 모든 실험은 3회 이상 반복하여 실시하였다.

용매별 추출액의 제조 및 추출수율 측정

마카에 함유된 생리활성 물질을 가장 효율적으로 추출할 수 있는 용매를 선정하기 위하여 물, 메탄올(99.9%), 에탄올(99.9%), 아세톤, 에틸아세테이트, 클로로포름, 헥산 등 극성을 달리한 7종의 용매를 선택하여 마카 분말에 대해 20배(w/v)로 첨가하고 30°C에서 120 rpm으로 3시간 진탕 추출하였다. 이것을 10,000 rpm으로 30분간 원심분리 한 다음 여과하여(Whatman No. 1) 일정량으로 정용한 후 분석용 시료로 사용하였다.

총 폴리페놀 함량 측정

마카 추출액의 총 폴리페놀 함량은 Folin-Denis법(14)으로 측정하였다. 시료용액 0.1 mL에 증류수 1.9 mL를 가하여 잘 혼합한 후 0.2 N Folin-Ciocalteu's phenol reagent (Sigma Co., St. Louis, MO, USA)를 0.2 mL 가하였다. 이것을 실온에서 3분간 방치한 다음 Na₂CO₃ 포화용액 0.4 mL와 증류수 1.9 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 1시간 반응시킨 후 분광광도계(Smart Plus, Seoul, Korea)를 이용하여 725 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 총 폴리페놀 함량은 tannic acid(Sigma Co.)를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 구하였다.

전자공여능 측정

전자공여능(electron donating ability)은 Blois(15)의 방법을 일부 변형하여 측정하였다. 마카 추출액 0.2 mL에 0.2 mM 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl(DPPH)(Sigma Co.) 2 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음의 계산식으로부터 전자공

여능을 산출하였다.

$$\text{전자공여능(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{시료 무첨가군의 흡광도}} \right) \times 100$$

Superoxide dismutase 유사활성 측정

Superoxide dismutase(SOD) 유사활성은 Marklund와 Marklund의 방법(16)에 따라 측정하였다. 시료 추출액 0.2 mL에 Tris-HCl buffer(pH 8.5) 3 mL와 기질물질인 7.2 mM의 pyrogallol 0.2 mL를 가하여 혼합한 후 실온에서 10분간 반응시켰다. 이 용액에 1 N HCl 0.2 mL를 가하여 반응을 정지시킨 다음 420 nm에서 흡광도를 측정하였고 다음의 계산식을 이용하여 SOD 유사활성을 산출하였다.

$$\text{SOD 유사활성(\%)} = \left(1 - \frac{\text{시료 첨가군의 흡광도}}{\text{시료 무첨가군의 흡광도}} \right) \times 100$$

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거능(nitrite scavenging ability)은 Kato 등(17)의 방법에 준하여 시료 추출액 0.1 mL에 1 mM NaNO₂ 0.2 mL를 가하고 citrate buffer를 사용하여 반응용액의 pH를 각각 pH 1.2, 3.0으로 맞춘 다음 37°C에서 1시간 동안 반응시켰다. 이 용액에 2% acetic acid 5 mL와 Griess 시약 0.4 mL를 가하고 잘 혼합하여 실온에서 15분간 방치한 다음 520 nm에서 흡광도를 측정하여 다음의 계산식에 따라 아질산염 소거능을 산출하였다.

$$\text{아질산염 소거능(\%)} = \left(1 - \frac{A-B}{C} \right) \times 100$$

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

B: 시료 추출물의 흡광도

C: 1 mM NaNO₂ 용액에 시료 대신 증류수를 첨가하여 1시간 반응시킨 후의 흡광도

추출온도와 추출시간에 따른 물 추출액의 최적 조건 확립 최적의 추출온도 및 추출시간을 알아보기 위한 추출액 제조는 마카분말과 물의 비율을 1:20(w/v)으로 하고 30, 70, 100°C의 온도에서 1, 3, 5시간 동안 각각 추출한 다음 원심분리 하여 얻어진 상층액을 일정량으로 정용한 후 분석용 시료로 사용하였다.

통계처리

모든 실험은 3회 이상 반복 측정하여 SPSS(Version 15.0 for Window)를 이용하여 평균±표준편차를 구하였으며 분산분석(ANOVA)과 Duncan's multiple range test로 시료간의 유의차를 p<0.05에서 검정하였다.

결과 및 고찰

일반성분

마카 분말에 대한 일반성분을 분석한 결과는 Table 1과

Table 1. Proximate compositions of maca (unit: %)

Moisture	Crude protein	Crude fat	Ash	Carbohydrate
6.57±0.03 ¹⁾	12.83±0.13	1.05±0.12	4.80±0.02	74.75±0.05

¹⁾Each value is mean±standard deviation (SD).

같다. 마카 분말의 수분함량은 6.57%, 조단백질 12.83%, 조지방 1.05%, 회분 4.80% 및 탄수화물 74.75%인 것으로 나타났다. Rondán-Sanabria와 Finardi-Filho(18)는 마카 뿌리를 건조하여 일반성분을 분석한 연구에서 조단백질 17.69%, 조지방 3.61%, 탄수화물 72.78%라고 보고하여 본 실험의 결과보다 조단백질과 조지방 함량은 높고 탄수화물 함량은 다소 낮게 나타났다. 이는 마카의 품종, 재배 지역, 재배 시기, 건조 상태 등의 차이에서 기인하는 것으로 생각된다.

용매별 추출수율

마카 분말로부터 생리활성 물질을 가장 효율적으로 추출하기 위한 용매를 선정하기 위하여 극성이 다른 7종의 용매를 사용하여 추출수율을 측정한 결과는 Table 2와 같다. 물, 메탄올 및 에탄올의 추출수율은 각각 46.2%, 21.4% 및 16.8%로 물 추출물이 가장 높은 수율을 보였으며 메탄올 및 에탄올 추출물보다 각각 2.2배 및 2.8배 더 높게 나타났다. 그 외 아세톤, 에틸아세테이트, 클로로포름, 헥산은 각각 0.4%, 1.0%, 0.4%, 0.2%로 낮은 추출 수율을 나타내었는데 이는 Table 1의 일반성분 분석에서 나타났듯이 80% 이상이 탄수화물 및 단백질로 구성되어 있어 비극성 용매에 잘 용출되지 않았기 때문인 것으로 여겨진다. Dong 등(19)은 용매별 정향추출물의 항산화효과에 관한 연구에서 물, 에탄올 및 에테르로 정향을 추출하였을 때 각각의 추출수율은 물 34.7%, 에탄올 21.4%, 에테르 17.0%로 보고하였고 이때 추출용매의 극성이 증가할수록 식물체에 존재하는 수용성 폴리페놀 화합물과 방향족 아민 등의 용출이 증가하여 결과적으로 극성용매에서의 추출수율이 높게 나타난 것이라고 보고하여 본 실험의 결과를 뒷받침해 주고 있다.

총 폴리페놀 함량

각 용매별 추출액의 총 폴리페놀 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 물 추출액의 총 폴리페놀 함량은 328.68 mg/100 mL로 가장 높았고, 메탄올 추출액 197.47 mg/100 mL, 에탄올 추출액 90.15 mg/100 mL, 아세톤 추출액 6.84 mg/100 mL이었으며 에틸아세테이트, 클로로포름, 헥산 추출액에서는 폴리페놀 성분이 검출되지 않았다. 따라서 본 실험에서는 물로 추출하는 방법이 가장 효과적임을 시사하고 있다. 이러한 결과는 구기자를 물, 50% 에탄올 및 100% 에탄올로 추출한 경우 물 추출물에서 총 폴리페놀 함량이 가장 높게 나타났다고 보고한 Shon 등(20)의 결과와 비슷한

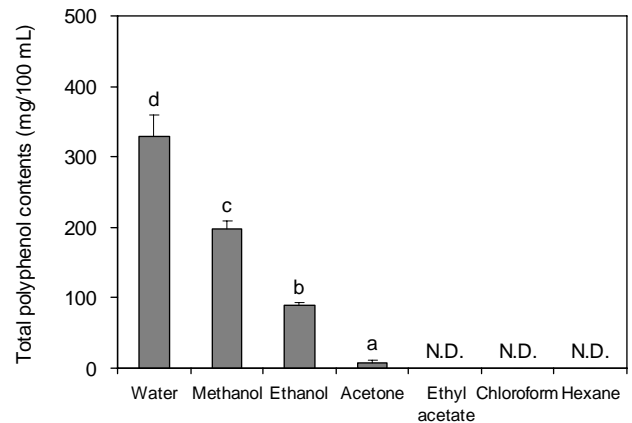


Fig. 1. Total polyphenol contents of maca extract by different solvents. Bars with different letters are significantly different at p<0.05.

경향을 나타내었다. 반면에, 오미자 추출물의 생리활성에 관한 연구(21)에서는 에탄올 추출물이 물 추출물보다 페놀성 화합물의 함량이 높다고 보고하였고 경옥고의 추출물별 항산화에 관한 연구(22)에서는 클로로포름, 에탄올, 물 순으로 페놀성 화합물의 함량이 높다고 보고하여 본 실험의 결과와 다른 경향을 나타내었다. 폴리페놀은 식물체에 존재하는 다기능성 물질(23-25)로 분자 내에 하나 이상의 hydroxyl기를 가지고 있어서 수소 공여체로 작용하고 페놀구조의 공명안정화에 기여함으로써 항산화활성을 나타낸다(26). 또한 당이나 수용성 단백질이 폴리페놀의 hydroxyl기에 ether 결합으로 존재하는 경우가 많은데 이로 인하여 극성용매에 대한 용해성이 증가하여(19) 물, 메탄올 및 에탄올 추출액에서 높은 함량을 보인 것으로 여겨진다.

전자공여능

용매별 마카 추출액의 항산화능은 DPPH에 대한 전자공여능으로 측정하였고 그 결과는 Fig. 2와 같다. 메탄올 추출액이 52.36%로 가장 높았고, 물 추출액 39.79%, 에탄올 추출액 25.00%이었으며 그 외의 용매 추출액에서는 1.62~6.55%의 낮은 활성을 나타내었다. 본 실험에서 전자공여능은 총 폴리페놀 함량이 높은 물 추출물에서 가장 높게 나타날 것이라는 기대와 달리 물보다 극성이 낮은 메탄올 추출물에서 가장 높게 나타남으로써 폴리페놀 이외의 다른 성분이 관여하여 전자공여능을 나타낸 것으로 보인다. 다른 연구에서는 도토리가루 추출물의 전자공여능을 측정한 결과 물 추출물에서 가장 높았고 그 다음 75% 에탄올, 메탄올 순으로 측정되었다고 보고하였다(27). Dong 등(19)은 정향추출물의 DPPH 라디칼 소거능을 측정한 연구에서 총 페놀 함량이 가장 낮은 물 추출물에서 DPPH 라디칼 소거능이 가장 높게

Table 2. The yield of maca extract by different solvents

Extract	Water	Methanol	Ethanol	Acetone	Ethyl acetate	Chloroform	Hexane
Yield (%)	46.2	21.4	16.8	0.4	1.0	0.4	0.2

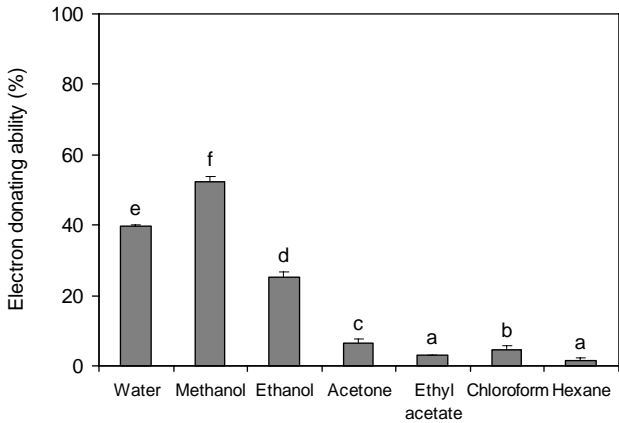


Fig. 2. Electron donating ability of maca extracts by different solvents. Bars with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

나타나 총 페놀 함량과 DPPH 라디칼 소거능과는 상관관계가 없다고 보고함으로써 본 실험의 결과와 유사한 경향을 나타내었다.

SOD 유사활성

용매별 마카 추출액의 SOD 유사활성을 측정한 결과는 Fig. 3과 같다. 메탄올이 19.84%로 가장 높게 나타났고 에탄올, 물, 클로로포름, 헥산 추출액이 각각 17.18%, 11.09%, 6.64% 및 3.59%로 나타났으며 아세톤과 에틸아세테이트 추출액에서는 활성이 검출되지 않았다. SOD는 몸 안에 생성된 활성산소종의 하나인 superoxide anion radical ($\cdot O_2^-$)을 산소분자와 과산화수소로 전환시키는 반응을 촉매하는 대표적인 항산화 효소이다(22). SOD 유사활성물질은 SOD와 유사한 역할을 하는 저분자 물질로 phytochemical에 속하며 식물체에 다량 존재하는 것이 밝혀졌다(28). 마카 추출액의 SOD 유사활성을 다른 연구결과와 비교하여 볼 때 감초 35.63%, 연자육 28.70%, 구기자 21.27%보다는 낮은 활성이었고 결명자 17.73%, 천궁 18.47%, 복분자 13.20%와는 비슷

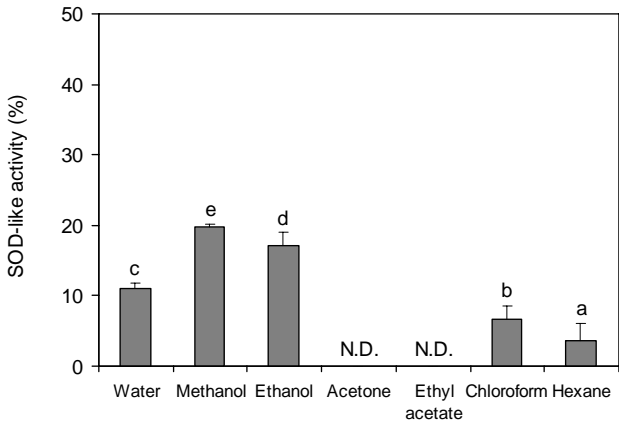


Fig. 3. SOD-like activity of maca extracts by different solvents. Bars with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

한 정도임을 알 수 있었다(28).

아질산염 소거능

용매별 마카 추출액의 아질산염 소거능을 측정한 결과는 Fig. 4와 같다. pH 1.2에서는 물 추출액이 77.51%로 에탄올과 메탄올 추출액의 73.42%와 62.89%보다 높은 소거능을 보였고 에틸아세테이트, 아세톤, 헥산, 클로로포름 추출액은 각각 52.05%, 49.25%, 43.93%, 41.26%의 소거능을 나타내었다. pH 3.0에서는 에탄올, 메탄올 및 물 추출액이 각각 54.09%, 48.62%와 42.15%를 나타내었고 에틸아세테이트, 아세톤, 헥산, 클로로포름 추출액은 35.74~42.96%를 나타내어 전반적으로 pH 1.2에서의 아질산염 소거능보다 감소하였으며 pH 4.2와 6.2에서는 모든 추출액이 10% 이하의 낮은 활성을 나타내었다(data not shown). 이러한 결과는 pH가 낮을수록 아질산염 소거능이 높게 나타난다는 다른 연구자의 연구결과(3,21,22,29)와 일치하였다. 육제품의 가공 시 첨가되는 아질산염은 발색능, 보존성 및 관능성을 향상시키지만 많은 양을 섭취할 경우 위(胃)의 산성 조건에서 아민과 반응하여 발암물질인 nitrosamine을 형성한다. 또한 혈액 중의 hemoglobin을 산화시켜 methemoglobin을 생성함으로써 methemoglobinemia를 일으킨다는 보고가 있다(3). 본 실험 결과 마카의 물 추출액은 pH 1.2에서 효과적으로 아질산염을 소거하는 것으로 나타나 체내에서 아질산염과 아민 반응에 의한 nitrosamine 생성 억제효과를 기대할 수 있을 것으로 생각된다.

추출온도와 추출시간에 따른 마카 물 추출액의 기능성

최적의 마카 추출용매를 선정하기 위하여 극성이 다른 7종의 용매를 사용하여 추출액의 총 폴리페놀 함량, 전자공여능, SOD 유사활성 및 아질산염 소거능을 비교한 결과 물, 메탄올 및 에탄올 추출액에서 높은 활성이 나타났으나 추출수율 대비 생리활성도를 고려할 때 추출수율이 현저하게 높은 물을 최적의 용매로 선정하여 향후 실험을 진행하였다.

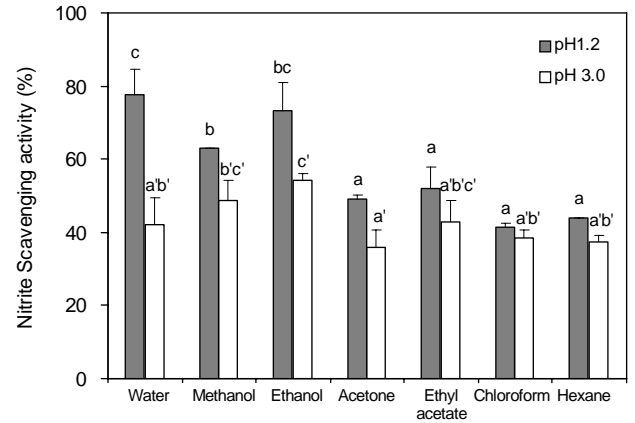


Fig. 4. Nitrite scavenging ability of maca extracts by different solvents. Bars with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

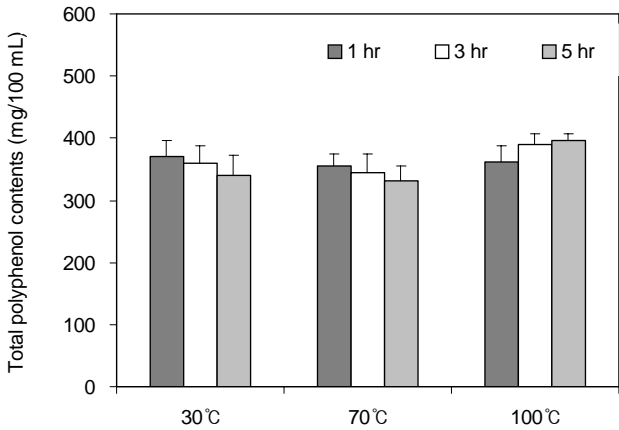


Fig. 5. Effects of time and temperature on total polyphenol contents of maca water extracts.

물로 추출할 경우 추출온도와 시간이 마카의 기능성에 미치는 영향을 평가하기 위하여 30, 70, 100°C에서 각각 1, 3, 5시간 추출한 후 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는 Fig. 5와 같다. 총 폴리페놀 함량은 30°C에서 339.85~371.33 mg/100 mL, 70°C에서 331.47~354.74 mg/100 mL, 100°C에서 362.79~396.36 mg/100 mL로 측정되어 100°C의 추출조건에서 높게 나타났으나 유의적인 차이는 없었다. Kim 등(26)의 연구에 의하면 멜론, 사과, 토마토, 참외, 수박 등을 110~150°C의 고온에서 열처리하였을 때 총 폴리페놀 함량은 온도가 증가할수록 증가하였다고 보고하였고 그 원인은 고온처리에 의해 결합형의 폴리페놀 성분이 유리형태로 전환되었거나 새로운 페놀화합물이 생성되었기 때문이라고 보고하였다. 추출온도와 시간을 달리한 마카 물 추출액의 전자공여능은 Fig. 6에 나타난 바와 같이 추출온도가 증가할수록 유의적으로 증가하여 100°C에서 80.00~90.38%의 높은 활성을 나타내었는데 이 같은 결과는 온도가 높아질수록 총 폴리페놀 함량이 증가한 Fig. 5의 결과와 관련이 있고 또한 고온으로 가열 시 마이알 반응에 의해 항산화 물질의 생성이 촉진되면서 항산화효과가 증가된다고 하는 Kim 등(26)의 보고와 관

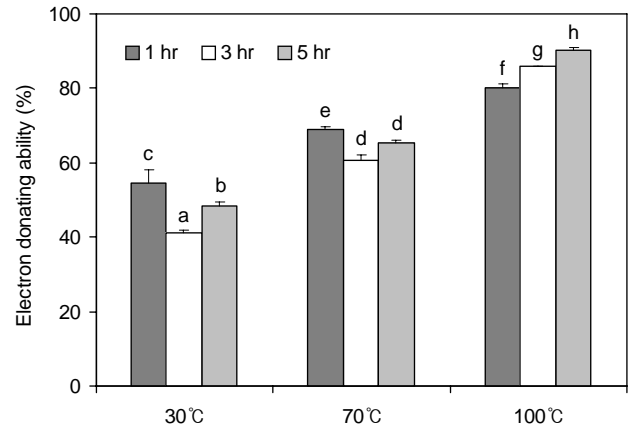


Fig. 6. Effects of time and temperature on electron donating ability of maca water extracts. Bars with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

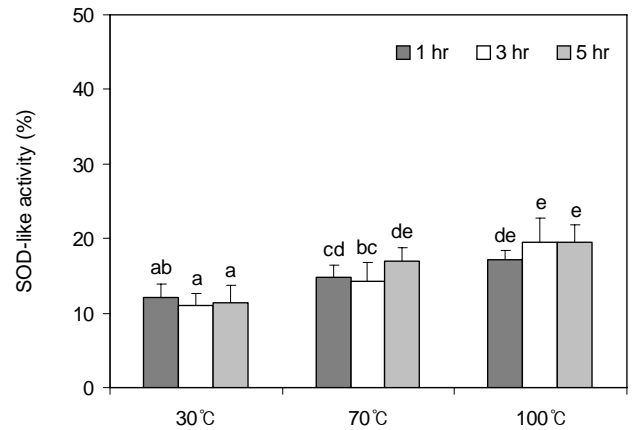


Fig. 7. Effects of time and temperature on SOD-like ability of maca water extracts. Bars with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

련이 있다고 여겨진다. SOD 유사활성은 Fig. 7에 나타난 바와 같이 30°C에서 11.01~12.16%, 70°C에서 14.24~16.93%, 100°C에서 17.13~19.53%로 추출온도가 높아질수록 활성이

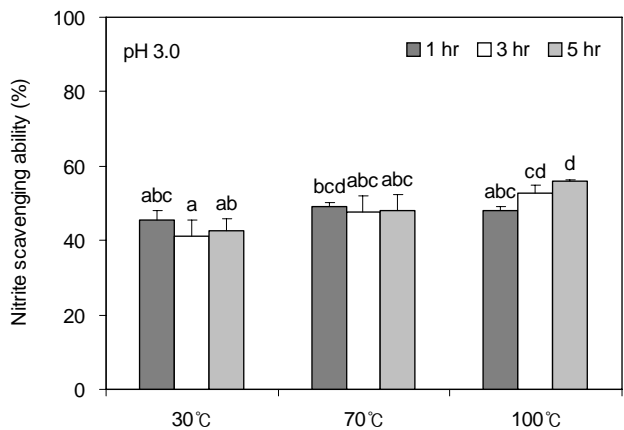
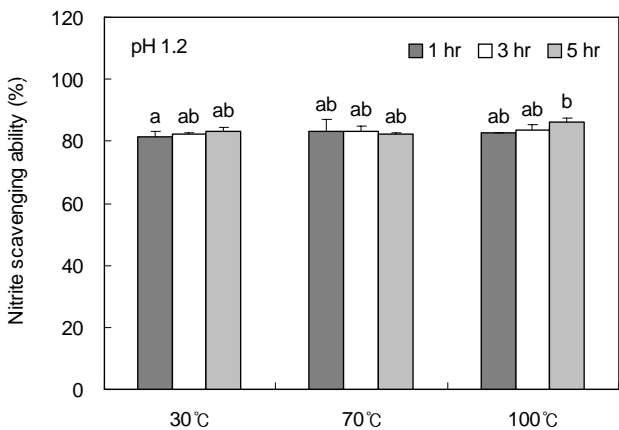


Fig. 8. Effects of time and temperature on nitrite-scavenging ability of maca water extracts. Bars with different letters are significantly different at $p < 0.05$.

유의적으로 증가하였으나($p < 0.05$) 시간에 따른 뚜렷한 경향은 나타나지 않았다. 아질산염 소거능은 pH 1.2에서 81.56~86.17%, pH 3.0에서 41.10~55.84%를 나타내었고(Fig. 8) 추출온도와 시간에 따라 큰 차이가 없었다. pH 3.0에서는 pH 1.2에서보다 약 50% 감소된 활성을 보여 Fig. 4에서와 같은 경향을 나타내었다. 식물체로부터 기능성 성분을 최적의 조건으로 추출하기 위한 여러 연구들이 보고되었는데 Kim 등(30)은 무화과를 열수로 추출하였을 때 총 페놀성 화합물의 함량은 추출온도 98.82°C, 추출시간 130.80 min에서, 전자공여능은 추출온도 98.91°C, 추출시간 127.95 min일 때 최대값을 나타냈다고 하였다. Lee와 Kim(31)은 도토리 열수 추출시 총 페놀성 화합물은 추출온도 57.91°C, 추출시간 4.08시간에서, 전자공여능은 추출온도 60.37°C, 추출시간 2.85시간에서, 아질산염 소거능은 추출온도 47.07°C, 추출시간 1.24시간에서 최대값을 보인다고 보고하였다. 이와 같이 열에 대한 항산화능의 안정성이 다른 것은 식물체의 종류에 따라 이들에 함유되어 있는 항산화 성분의 종류가 각각 다르고 이들의 열안정성에도 차이가 있기 때문으로 여겨진다.

이상의 결과를 종합하여 보면 마카 분말로부터 추출온도와 시간을 달리하여 생리활성물질을 추출하는 조건은 100°C에서 3시간 또는 5시간 추출했을 경우 총 폴리페놀 함량, 전자공여능 및 SOD 유사활성이 다른 조건에서보다 높게 나타났으나 이를 시간, 에너지의 효율성 및 경제성을 고려한다면 100°C에서 3시간 추출하는 것이 가장 적합할 것으로 판단된다.

요 약

본 실험에서는 마카를 기능성식품 소재로 사용하기 위한 가능성을 알아보기 위하여 마카분말을 다양한 용매로 추출하고 추출수율, 총 폴리페놀 함량, 전자공여능, SOD 유사활성 및 아질산염 소거능 등을 측정하여 최적의 추출조건을 확립하고자 하였다. 일반성분 분석 결과 수분, 조단백질, 조지방, 회분 및 탄수화물 함량은 각각 6.57%, 12.83%, 1.05%, 4.80 및 74.75%로 나타났다. 추출수율은 물을 사용할 경우 46.2%로 메탄올, 에탄올, 아세톤 등으로 추출하는 것보다 약 2~200배 높게 나타났다. 추출용매에 따른 총 폴리페놀 함량은 물 추출액에서 328.68 mg/100 mL로 가장 높게 나타났다. 전자공여능은 메탄올 추출액이 52.36%로 가장 높았고 아질산염 소거능은 pH 1.2의 조건에서 물 추출액이 77.51%로 가장 높게 나타났다. 이상의 결과를 종합하여 최적의 추출용매로 물을 선정하였고 물 추출 온도(30, 70, 100°C)와 시간(1, 3, 5시간)을 달리하여 생리활성 물질의 함량변화를 측정한 결과 100°C에서 3시간 또는 5시간 추출할 때 총 폴리페놀 함량, 전자공여능 및 SOD 유사활성이 다른 조건에서보다 우수한 것으로 나타났다. 따라서 시간과 에너지의 효율적 측면을 고려하여 마카분말을 100°C에서 3시간 물로 추출하

는 것이 가장 적합할 것으로 판단된다.

감사의 글

본 연구는 “2008년 중소기업청 산학협력 지원사업”의 일환으로 수행되었기에 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Choi YJ, Yoon SJ, Kim JH, Chun SS. 2005. Biological activity of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 446-450.
2. Kim HK, Han HS, Lee GD, Kim KH. 2005. Physiological activities of fresh *Pleurotus eryngii* extracts. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 439-445.
3. Kwak HJ, Kwon YJ, Jeong PH, Kwon JH, Kim HK. 2000. Physiological activity and antioxidative effect of methanol extract from onion (*Allium cepa* L.). *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 349-355.
4. Choi NY, Lee JH, Shin HS. 2008. Antioxidant activity and nitrite scavenging ability of plive leaf (*Olea europaea* L.) fractions. *Korean J Food Sci Technol* 40: 257-264.
5. Balick MJ, Lee R. 2002. Maca: from traditional food crop to energy and libido stimulant. *Altern Ther Health Med* 8: 96-98.
6. Muhammad I, Zhao J, Khan I. 2005. Maca (*Lepidium meyenii*). In *Encyclopedia of Dietary Supplements*. Coates P, ed. Dekker, New York. p 435-443.
7. Zheng BL, He K, Kim CH, Rogers L, Shao Y, Huang ZY, Lu Y, Yan SJ, Qien LC, Zheng QY. 2000. Effect of alipidic extract from *Lepidium meyenii* on sexual behavior in mice and rats. *Urology* 55: 598-602.
8. Dini A, Migliuolo G, Rastrelli L, Saturnino P, Schettino O. 1994. Chemical composition of *L. meyenii*. *Food Chem* 49: 347-349.
9. Dini I, Tenore GC, Dini A. 2002. Glucosinolates from maca (*Lepidium meyenii*). *Biochem Syst Ecol* 30: 1087-1090.
10. Piacente S, Carbone V, Plaza A, Zampelli A, Pizza C. 2002. Investigation of the tuber constituents of maca (*Lepidium meyenii* Walp.). *J Agric Food Chem* 50: 5621-5625.
11. 테이코 D&S 편집부. 2007. 건강기능성 식품과 기능성 식품소재 시장현황. 진한엠엔비, 서울. p 1-333.
12. Lee SH, Kang JI, Lee SY, Ha HC, Song YK, Byun SY. 2008. Isolation and identification of macamides from the lipidic extract of maca (*Lepidium meyenii*) using supercritical carbon dioxide. *Korean J Biotechnol Bioeng* 23: 153-157.
13. AOAC. 2005. *Official Methods of Analysis*. 18th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC, USA.
14. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagent. *J Biol Chem* 12: 239-243.
15. Blois MS. 1958. Antioxidant activity determination by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200.
16. Marklund S, Marklund G. 1974. Involvement of the superoxide anion radical in the antioxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. *Eu J Biochem* 47: 469-474.
17. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F. 1987. Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable mela-

- noidins. *Agric Biol Chem* 51: 1333-1338.
18. Rondán-Sanabria GG, Finardi-Filho F. 2009. Physical-chemical and functional properties of maca root starch (*Lepidium meyenii* Walpers). *Food Chem* 114: 492-498.
 19. Dong S, Jung SH, Moon JS, Rhee SK, Son JY. 2004. Antioxidant activities of clove by extraction solvent. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 609-613.
 20. Shon HK, Lee YS, Park YH, Kim MJ, Lee KA. 2008. Physico-chemical properties of Gugija (*Lycii fructus*) extracts. *Korean J Food Cookery Sci* 24: 905-911.
 21. Kwon HJ, Park CG. 2008. Biological activities of extracts from *Omija* (*Schizandra chinensis* Baillon). *Korean J Food Preserv* 15: 586-592.
 22. Lee SY, Shin YJ, Park JH, Kim SM, Park CS. 2008. An analysis of the Gyungoko's ingredients and a comparison study on anti-oxidation effects according to the kinds of extract. *Kor J Herbology* 23: 123-136.
 23. Donovan JL, Meyer AS, Waterhouse AL. 1998. Phenolic composition and antioxidant activity of prunes and prune juice (*Prunus domestica*). *J Agric Food Chem* 46: 1247-1252.
 24. Welsch CA, Lachance PA, Wasserman BP. 1989. Dietary phenolic compounds: inhibition of Na⁺-dependent D-glucose uptake in rat intestinal brush border membrane vesicles. *J Nutr* 119: 1698-1704.
 25. Yen GC, Duh PD, Tsai CL. 1993. Relationship between antioxidant activity and maturity of peanut hulls. *J Agric Food Chem* 41: 67-70.
 26. Kim HY, Woo KS, Hwang IG, Lee YR, Jeong HS. 2008. Effects of heat treatments on the antioxidant activities of fruits and vegetables. *Korean J Food Sci Technol* 40: 166-170.
 27. Shim TH, Jin YS, Sa JH, Shin IC, Heo SI, Wang MH. 2004. Studies for component analysis and antioxidative evaluation in acorn powders. *Korean J Food Sci Technol* 36: 800-803.
 28. Lim JD, Yu CY, Kim MJ, Yun SJ, Lee SJ, Kim NY, Chung IM. 2004. Comparison of SOD activity and phenolic compound contents in various Korean medicinal plants. *Korean J Medicinal Crop* 12: 191-202.
 29. Lee YS, Choi BD, Joo EY, Shin SR, Kim NW. 2009. Antioxidative activities and tyrosinase inhibition ability in various extracts of the *Vitex rotundifolia* seeds. *Korean J Food Preserv* 16: 101-108.
 30. Kim JO, Kwon ST, Lee GD, Hong JH, Moon DH, Kim TW, Kim DI. 2008. Optimization of extraction condition on fig (*Ficus carica* L.) by response surface methodology. *Korean J Food Preserv* 15: 66-73.
 31. Lee JM, Kim SH. 2008. Antioxidant properties of acorn hot-water extract using response surface methodology. *Korean J Food Preserv* 15: 111-117.

(2009년 4월 23일 접수; 2009년 5월 24일 채택)