

마이크로웨이브 추출방법을 이용한 작약의 유효성분 추출 및 생리활성 측정

이효진 · 장경원*

대원대학교 바이오메디컬과

Development of Microwave Extraction Method for the Active Ingredients and Functional Constituents of Paeonia Root

Hyojin Lee and Kyoung won Jang*

Department of Biomedical, Daewon University College, Jaechon 27135, Korea

Abstract – The heat-mediated reflux apparatus extraction of *Paeonia lactiflora* Pall. has been widely used as a traditional extraction method. In this paper, the microwave apparatus extraction method of Paeonia Radix was performed and the active ingredients and functional constituents were compared with the reference extraction method. The most effective extraction condition of albiflorin using the microwave was 120°C in 50% methanol, and paeoniflorin was maximally extracted at 60°C. The reduced level of paeoniflorin molecule at high-pressure and high-temperature extraction condition was caused by the molecular instability. Additionally, the microwave extraction of 50% methanol extracts at 150°C showed the highest functional constituents determined by *in vitro* DPPH radical scavenging activity, polyphenol concentration, and tyrosinase inhibition assay. The microwave apparatus was adapted as a rapid, low-cost, and environmentally friendly method to extract active ingredients and the practical extraction conditions of Paeonia Radix can be used in industrial applications.

Keywords – Paeonia, Albiflorin, Paeoniflorin, Microwave extraction, Antioxidant

작약(*Paeonia lactiflora* Pallas)은 중국과 우리나라 북부, 시베리아 남동부 등 한랭지가 원산지인 우리나라에서는 동의보감, 향약집성방 등에 약용 역사가 기록되어있고 체천이 주 생산지이다.¹⁾ 작약 뿌리부위(Peony root)의 주요 약효는 항염^{2,3)} 효과이며, 심혈관질환개선 및 관절염 치료 등에 쓰이고⁴⁾ monoterpene 성분인 paeoniflorin을 포함한 albiflorin, paeonol, paeonin, tannin 등이 함유되어 있다고 알려져 있다.⁵⁾ 작약 뿌리의 항염효과는 신경 염증을 줄이고 세포사멸을 억제하여 신경 퇴행을 지연시킬 수 있으며 신경전달물질의 수준을 조절하여 파킨슨 병의 치료제로서 가능성을 가지기도 한다.⁴⁾ 대한민국 약전에서는 paeoniflorin과 albiflorin을 작약의 지표성분으로 설정하고 이들의 합이 2.3% 이상인 함량기준을 설정하고 추출 및 분석 조건을 제시하고 있다.⁶⁾ 천연물에 함유된 기능성 성분을 추출하기 위한 주요 방법으로 환류냉각추출법(reflux extraction), 초임계 유체 추출법

(supercritical fluid extraction), 등이 있다.^{7,8)} 환류냉각추출법은 천연물 내 유효성분을 안정적으로 추출할 수 있으나 추출 시 열 발생과 냉각에 에너지가 쓰이며 추출과정에 많은 시간이 소요된다. 초임계 유체 추출은 유기용매의 사용 없이 열에 민감한 물질도 효과적으로 추출할 수 있으나 많은 비용이 드는 단점이 있다. 마이크로파는 전자파의 일종으로 저에너지, 고효율 에너지이며 특정 대상 물질을 빠른 시간에 가열할 수 있어 의료, 공업, 과학 등 광범위한 분야에서 선택적 추출이 가능하고 단시간에 추출효율이 뛰어나 가열용 에너지원으로 이용되고 있다.⁹⁾ 본 연구에 활용한 밀폐형 마이크로웨이브 추출방법은 샘플에 가압조건을 적용할 수 있어 용매의 유실 없이 끓는 점 이상의 가열이 가능하고 각 샘플의 설정온도 도달여부 확인이 가능하다는 장점이 있다. 또한 기존 환류 추출법에 비해 추출 시간, 용매 소비 및 에너지 소모를 줄일 수 있어 합리적인 추출법으로 평가된다.¹⁰⁾

본 연구에서는 생약제인 작약을 이용하여 유효성분의 효율적인 추출을 위해 마이크로파 에너지 방식을 기반으로 물 또는 50% 메탄올을 추출용매로 사용하여 추출온도와 시간

*교신저자(E-mail): kwjang@daewon.ac.kr

(Tel): +82-43-649-3151

이 다른 추출조건을 설정, 각 조건에 의해 추출된 작약의 표준물질 paeoniflorin과 albiflorin의 양을 분석하고 항산화 활성 및 tyrosinase 저해활성 등을 측정하여 추출조건의 효율을 판단하였다.

재료 및 방법

시약 및 기기 - 본 연구에 사용된 작약(*P. lactiflora*)은 충청북도 제천에서 재배된 것으로 건조 후 분말로 사용하였다. 작약분말 4 g을 50% 메탄올 또는 증류수 40 mL에 추출 조건 별 10 min 또는 30 min 처리하여 추출물을 제조하였다. 성분분석에 사용한 albiflorin(BP0134, Chengdu Biopurify Phytochemicals Ltd., China), Paeoniflorin (P1876, TCI, Japan) 성분은 HPLC 분석용 시료를 구입하여 사용하였다. Acetonitrile과 그 외 작약의 추출 및 분석에 사용된 methanol (SAMCHUN, Korea)은 모두 특급 시약을 사용하였다. 작약 지표성분 정량 분석을 위한 high-performance liquid chromatography(HPLC)는 Agilent1260 series HPLC system (Agilent Technologies, USA)를 사용하였다. 그 외 기타 시약은 TCI 나 Sigma Chemical Co.의 시약을 사용하였다.

추출방법 - 환류냉각 추출은 환류냉각장치를 이용하여 용매가 끓는점에서 가열한 후 실시하였다. 마이크로웨이브 추출은 시간과 온도 별 제어가 가능한 CEM MARS 6 Microwave Accelerated Reaction System(CEM corporation, Matthews, NC, USA)의 마이크로웨이브 추출 관에 작약 시료와 용매를 넣은 후 각 온도 조건 별로 설정하여 진행하였다. 시간은 10 min 또는 30 min 수행하였으며 온도는 40, 60, 100, 120, 150°C 조건으로 설정하여 추출하였다. 출력 한계는 1800 W로 설정하였으며, 각 조건 별 출력은 40°C일 때 20 W, 60°C일 때 30 W, 100°C일 때 50 W, 120°C일 때 70 W, 150°C일 때 120 W의 출력이 추출 시간 동안 유지되는 것을 확인하였다. sonication 추출은 50 mL 시험관에 작약 시료와 용매를 넣은 후 상온에서 진행하였다. 모든 시료는 추출 후 여과지(Whatman filter paper No.1)를 사용하여 여과한 후 4°C 냉장보관하였다.

HPLC 분석방법 - HPLC 분석은 Capcellpak C18 Type MG II column(4.6×150 mm ID, 5 μm, Shiseido, Japan) 컬럼을 사용하여 25°C 조건에서 실시하였다. 이동상은 H₂O:acetonitrile (A/B, v/v)을 85:15의 조건으로 사용하였고 이때 유속은 0.8 mL/min, UV 스펙트럼은 λ Max 값이 230 nm에서 관찰하였다. 지표물질인 albiflorin, paeoniflorin의 표준물질은 100% 메탄올에 녹인 후 0.45 μm의 syringe filter(NYLON filter media, Whatman, USA)를 이용해 여과 후 HPLC 분석을 수행하여 지표성분의 함량을 산출하였다. albiflorin 표준용액은 25, 50, 100, 300, 500 μg/mL의 농도를 이용하여 $y=3.8245x+0.4103$,

$R^2=0.9999$ 의 검량선을 작성하고, paeoniflorin 표준용액은 50, 100, 300, 500 μg/mL의 농도를 사용하여 $y=8.7786x-6.1031$, $R^2=0.9998$ 의 검량선 식을 확인하였다. 이 식을 이용하여 각 추출 조건 별 작약 추출물에서 albiflorin, paeoniflorin의 정량분석을 실시하였다.

Polyphenol 측정 - 총 polyphenol 함량 측정은 각 추출조건 별 30 min 처리한 시료를 사용하여 Folin-Denis법에¹¹⁾ 따라 측정하였다. 각 조건별 추출한 시료 1 mL에 0.5 mL의 Folin-Denis 시약과 1 mL의 Na₂CO₃ 용액, 7.5 mL의 증류수를 혼합하여 30분 경과한 후 분광광도계를 이용해 760 nm에서 흡광도를 측정하여 진행하였으며 표준물질로 gallic acid를 사용하여 0.0625~1.00 μg/mL 농도 범위에서 작성된 검정곡선을 이용하였다.

DPPH 저해능 측정 - 추출 조건 별 항산화 활성의 변화를 측정하기 위한 DPPH radical 저해능 실험으로 DPPH((1,1-diphenyl-2-picryl hydrazyl, Sigma Chemical Co., St. Louis, MO, USA)를 이용해 시료의 환원력을 측정하였다.¹²⁾ DPPH 0.2 mM 용액에 각 조건 별 30분간 추출한 시료 50 μL을 첨가하여 상온에서 10분간 반응시킨 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH radical scavenging activity(%)는 다음의 식을 이용해 산출하였다. 대조구는 0~200 μg/mL 농도의 L-ascorbic acid를 이용하였다.

DPPH radical scavenging activity(%)

$$= \left(1 - \frac{\text{시료 첨가구의 흡광도}}{\text{무첨가구의 흡광도}} \right) \times 100$$

In vitro tyrosinase inhibition rate 측정 - Tyrosinase 저해 활성 측정은 각 추출 조건 별 30분간 처리한 시료를 이용하여 Kojic acid를 Tyrosinase inhibitor control로 사용한 방법을 참고하여 진행하였다. Kojic acid 0.75 mM 용액 20 μL 또는 추출 조건 별 작약 실험군과 mushroom tyrosinase 5 μg을 첨가하여 실온에서 30 min 반응시킨 다음 510 nm 파장에서 흡광도를 측정하고 아래 식에 따라 tyrosinase 저해 활성을 산출하였다.

Tyrosinase 저해 활성은 시료 용액의 첨가구와 무 첨가구의 흡광도 차이를 이용하여 나타내었다. Enzyme activity control(EC)을 포함한 샘플(S)의 흡광도 변화를 이용한 저해율 계산식은 다음과 같다.

$$\% \text{ Relative inhibition} = \frac{(\text{Slope of EC} - \text{Slope of S})}{\text{Slope of EC}} \times 100$$

본 연구의 모든 실험 결과는 3회 반복실험을 실시하였고 그 결과 각 수치값에 평균 ±표준편차로 나타내었다. 각 시료 군에 대한 유의 검정은 대조군과 비교하여 Student's *t* test 후 $p < 0.05$ 인 값을 유의성 있는 결과로 간주하였다.

결 과

Albiflorin과 paeoniflorin의 추출조건 확립 - 각 추출 조건 별 작약 표준물질의 추출량을 비교 분석하기 위하여 환류냉각 추출과 sonication 추출, 마이크로웨이브 추출방법에 의하여 용매 및 시간별 albiflorin과 paeoniflorin의 함량을 액체 크로마토그래피를 이용해 측정하였으며 결과는 Table 1과 같다.

Albiflorin 성분은 물을 이용한 추출에서 43.85~67.58 µg/mL 범위를 나타내었다. 특히 환류추출 10 min 조건에서 67.58±0.18 µg/mL과 마이크로웨이브(120°C, 10 min)조건에서 66.97±0.16 µg/mL로 가장 높았다. 50% 메탄올을 용매로 이용한 추출은 49.47~73.03 µg/mL로 물을 이용한 추출보다 추출 효율이 높았으며 환류추출 10 min(70.61±1.05 µg/mL), 마이크로웨이브 (120°C, 10 min) 조건(73.03±0.49 µg/mL)에서 추출량이 가장 높았다. 추출 시간이 30 min일 때는 40, 60°C 저온 추출 조건에서 10 min 추출 조건보다 높은 albiflorin의 양이 나타났으나 100°C 이상의 조건에서는 30 min 추출 조건과 같거나 적은 양의 Albiflorin 양을 나타냈다.

Paeoniflorin 성분의 경우 물을 이용한 추출은 221.77~324.74 µg/mL의 범위로 측정되었다. 환류추출을 30 min 진행한 경우 324.74±0.24 µg/mL로 가장 높은 추출 양을 나타내었고 용매를 50% 메탄올로 이용했을 때 역시 환류추출 방법에서 339.05±0.37 µg/mL로 가장 높은 추출 양을 보였다. 마이크로웨이브 에너지를 이용한 추출 중에서 60°C, 30 min 처리 조건에서 가장 많은 양이 추출되었으며 추출 용매 조건에 유의적인 차이를 보이지 않았다.

이 결과를 통해 작약의 표준 성분 추출에는 50% 메탄올을 이용한 환류추출 방법이 가장 효과적이며 마이크로웨이브를 이용한 추출을 진행했을 때 Albiflorin 성분은 120°C, Paeoniflorin 성분은 60°C 조건에서 진행하는 것이 가장 효

과적이었다. 단, Paeoniflorin 성분의 양은 추출 온도나 시간이 증가할수록 줄어들고 이는 50% 메탄올 용매에서 더 뚜렷한 경향을 보였다. 특히 150°C, 30 min 추출의 경우 60°C에서 30 min 추출한 경우와 비교하면 25%의 양에 해당하는 paeoniflorin의 농도만 보존되는 것을 관찰할 수 있었다. 고온의 추출 조건에서 paeoniflorin은 열분해 또는 불용화로 인하여 감소되는 것으로 보인다.

작약 추출방법에 따른 폴리페놀성분 변화와 항산화 활성 - 작약 추출방법에 따른 추출액의 생리적 기능성을 확인하기 위해 polyphenol화합물의 함량을 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 모든 추출조건에서 물 추출보다 50% methanol을 용매로 추출한 조건의 polyphenol 함량이 높았다. 물 추출물에 대한 50% methanol용매 추출물 내 polyphenol 함량 증가는 기존 환류 추출법에서 1.4배 높았으며 120°C 조건의 마이크로웨이브 추출법에서는 2.7배까지 차이가 발생했다. 50% methanol을 이용한 기존 환류추출 방법의 polyphenol 함량은 총 216.02 µg/mL로 나타났으며 마이크로웨이브 에너지를

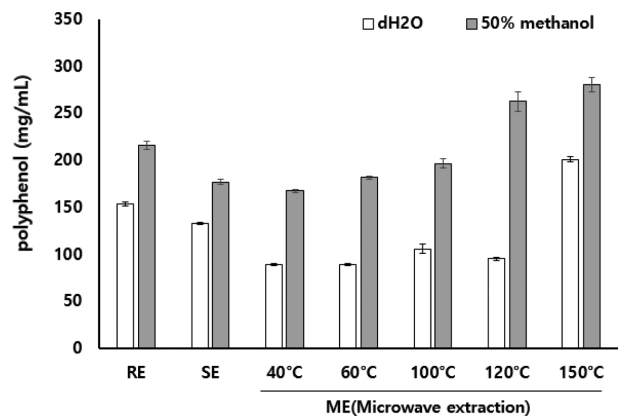


Fig. 1. Total polyphenol compound contents of Paonia root extract from reflux extraction (RE), sonication extraction(SE), and ME (microwave extraction).

Table I. The amount of albiflorin and paeoniflorin from Paonia root extracted by various extraction methods

Extraction Method	solvent	10								30							
		RE	SE	ME					RE	SE	ME						
				40°C	60°C	100°C	120°C	150°C			40°C	60°C	100°C	120°C	150°C		
Albiflorin (ug/ml)	dH2O	67.58 ± 0.18	52.00 ± 0.25	53.63 ± 0.10	50.30 ± 0.10	65.52 ± 0.07	66.97 ± 0.16	66.24 ± 0.09	64.94 ± 0.31	43.85 ± 3.46	56.61 ± 0.03	59.05 ± 0.97	61.99 ± 0.09	61.19 ± 0.07	61.79 ± 0.06		
	50% methanol	70.61 ± 1.05	68.35 ± 0.06	49.47 ± 0.12	60.33 ± 0.10	68.89 ± 1.23	73.03 ± 0.49	68.97 ± 0.50	66.50 ± 0.39	66.69 ± 0.10	53.38 ± 0.23	57.59 ± 0.13	60.58 ± 0.28	65.28 ± 0.19	70.12 ± 0.61		
	Paeoniflorin in (ug/ml)	317.90 ± 0.41	246.75 ± 0.24	287.84 ± 0.99	315.65 ± 0.18	264.10 ± 0.18	293.55 ± 0.73	264.50 ± 0.10	324.74 ± 0.24	221.77 ± 12.93	299.74 ± 0.11	318.04 ± 0.53	312.73 ± 0.03	291.28 ± 0.23	227.76 ± 0.06		
	50% methanol	331.35 ± 0.86	328.47 ± 0.14	257.39 ± 0.05	317.83 ± 0.32	316.18 ± 0.12	265.12 ± 0.13	119.21 ± 0.28	339.05 ± 0.37	326.07 ± 0.12	271.93 ± 0.22	320.86 ± 0.49	284.13 ± 0.10	191.66 ± 0.16	81.09 ± 0.25		

ME = microwave extraction, RE = reflux extraction, SE = sonication extraction, results are expressed as mean ± SD.

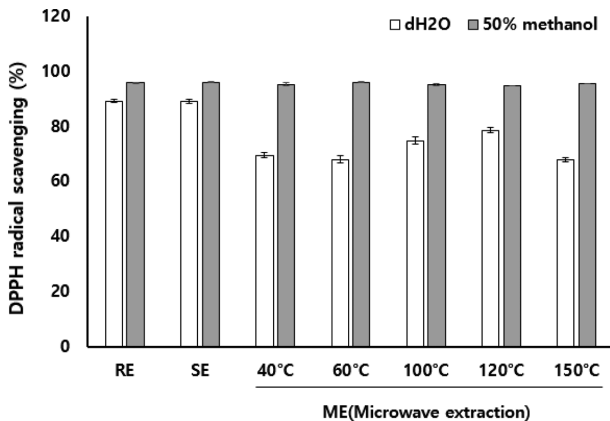


Fig. 2. Antioxidant activities (DPPH radical scavenging activity) of Paonia root extracts obtained with reflux extraction (RE), sonication extraction (SE), and ME (microwave extraction).

이용한 추출방법은 40°C의 조건에서는 167.36 $\mu\text{g/mL}$ 이었으며 120°C의 조건에서 262.43 $\mu\text{g/mL}$, 150°C의 경우 280.07 $\mu\text{g/mL}$ 로 마이크로웨이브 에너지가 증가하면서 추출된 polyphenol의 함량이 증가하는 경향을 보였다. 특히 120°C 이상의 조건으로 마이크로웨이브 추출을 진행한 경우 환류추출 조건보다 1.4~1.6배 많은 polyphenol을 얻을 수 있는 것으로 나타났다.

DPPH 항산화 활성의 경우 Fig. 2와 같이 50% methanol을 이용한 추출에서 추출방법에 상관없이 모든 경우 95% 이상의 활성을 보였다. 용매를 50% methanol로 이용하면 저온의 마이크로웨이브 추출에서도 충분한 항산화 활성을 보이는 것으로 나타났다. 물 추출의 경우 환류추출방법이 89.28%로 가장 높은 항산화 활성을 나타냈으며 이는 120°C 조건으로 마이크로웨이브를 이용한 추출방법인 78.64% 보다 높았다.

이상의 결과 작약 추출액의 polyphenol 함량과 DPPH의 항산화 활성을 기대하기 위해서는 50% methanol을 이용한 용매 조건에서 150°C 온도 조건으로 마이크로웨이브 추출을 진행하는 것이 가장 효과적인 것으로 나타났다. 이러한 결과를 통해 물로 추출한 시료보다 50% 메탄올로 추출한 시료는 albiflorin이나 paeoniflorin의 양이 줄어들었음에도 불구하고 폴리페놀 등 항산화 활성을 나타내는 화합물의 농도는 더 많이 추출된 것으로 보인다.

미백 기능성을 나타내는 tyrosinase inhibition assay – Tyrosinase는 인체 내 멜라닌 생합성 경로 초기단계에 관여하는 효소로 미백 기능성을 판단하기 위한 측정 방법이다.¹³⁾ 작약 추출물이 멜라닌 생성에 관여하는 tyrosinase의 활성을 억제시킬 수 있는지 알아보기 위해 추출 조건별 작약 추출물을 이용해 tyrosinase inhibition assay를 진행하였다. Fig. 3에 나타난 바와 같이 작약의 물 추출물보다 메탄올을 용매로

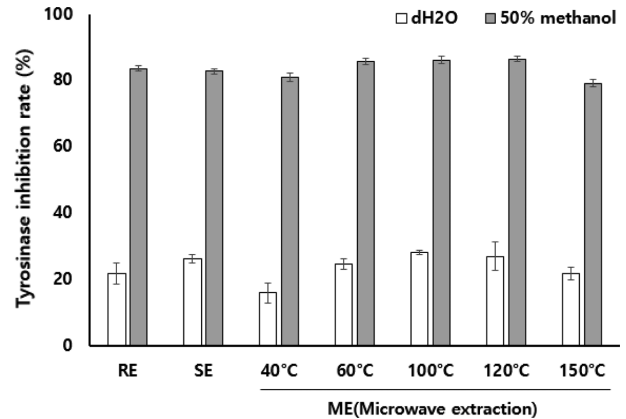


Fig. 3. Tyrosinase inhibition rates for the Paonia root extracts from the different extraction methods, reflux extraction (RE), sonication extraction (SE), and ME (microwave extraction).

이용한 추출물에서 80% 전후의 효소 저해 활성을 보이는 것을 알 수 있으며 추출 조건에 따른 유의미한 차이는 보이지 않았다.

고 찰

본 연구에서는 기존 환류추출 또는 초음파추출과 비교하여 마이크로파 에너지를 이용해 작약의 유효물질인 albiflorin과 paeoniflorin을 포함하여 항산화 활성 및 폴리페놀 함량이 최적인 추출 조건을 확립하기 위하여 추출 용매 별, 추출 방법 별, 추출 시간 별 조건에 따른 작약의 추출을 진행하여 최적 추출조건을 확립하였다.

본 연구에서 시도한 마이크로웨이브 추출법은 반응기 내부의 물질에 에너지를 직접 공급하여 반응속도 증가, 수율 증대, 에너지 절감, 용매 사용 억제 등의 효과를 기대할 수 있고 실시간 온도 도달여부를 바로 확인할 수 있어 열에 불안정한 물질의 경우 한계온도 이하로 설정이 가능하므로 천연물 추출에서 마이크로웨이브를 이용한 추출 조건 확립은 친환경 추출방식의 발전과 안전한 추출물 분리의 측면에서 그 의미가 있다.

작약의 지표성분 중 Albiflorin의 경우 50% 메탄올을 용매로 하여 120°C 조건으로 10분간 마이크로웨이브를 이용한 추출에서 가장 높은 추출 양을 나타냈으며 Paeoniflorin의 경우 50% 메탄올을 용매로 30분 간 환류추출을 수행했을 때 가장 높은 양을 얻을 수 있었다. 마이크로웨이브 조건으로는 50% 메탄올 용매 하에서 60°C, 30 min 추출이 가장 효과적이다. 단 100°C 이상 고에너지의 마이크로웨이브 환경에서 paeoniflorin의 양이 급속히 줄어드는 것으로 보아 paeoniflorin을 비롯한 천연물 유래 물질 추출 시 고온 추출 작업을 수행할 때 유의해야 할 점으로 보인다. 물에 용출된

paeoniflorin의 농도는 50% 메탄올에 용출된 것 보다는 적으나 고온 추출이 진행되어도 그 농도가 비교적 유지되는 것으로 보인다. Paeoniflorin의 분자의 용해도는 물보다 유기용매에서 더 높다고 알려져 있으나 고온에서 용매에 따른 보존성에 차이가 나는지는 추후 연구가 필요하다.

작약은 주요 성분인 paeoniflorin과 albiflorin을 포함하여 catechin과 gallotannin 등 항산화 활성을 나타낼 수 있는 flavonoid 및 tannin 화합물의 함유가 보고되어 있다.^{14,15)} 따라서 각 추출조건 별 작약에서 얻어진 polyphenol의 함량 및 DPPH 항산화 활성을 측정하여 항산화 활성 물질의 추출 효율을 비교하였다. 그 결과 작약의 추출에서 50% methanol을 이용해 120°C 이상의 고열을 이용한 마이크로웨이브 추출을 실행하면 polyphenol 화합물의 추출량이 환류 추출 및 초음파 추출에 비해 증가하는 것으로 나타났다. DPPH 항산화능은 50% 메탄올을 용매로 이용한 모든 추출 조건에서 94% 이상 나타난 것으로 보아 작약 뿌리의 항산화물질의 추출이 충분히 이루어진 것으로 보인다. 이와 같은 결과는 추출된 albiflorin 및 paeoniflorin의 양이 총 폴리페놀의 양 및 항산화능과는 비례하지 않는 것을 나타낸다.

작약 꽃의 에탄올 추출물에서 tyrosinase inhibition 효과가 나타난다는 보고가 있어 뿌리에서의 미백 기능성을 확인해보고자 하였다.¹⁶⁾ 50% 메탄올을 용매로 이용했을 때 모든 조건에서 80% 전후의 tyrosinase 저해 활성을 보였으며 이는 작약의 메탄올 추출물을 이용해 피부 색소 침착 등을 억제할 수 있는 미백 기능성 화장품 소재로 활용이 가능한 것으로 보인다. 또한 메탄올에 의해 추출된 미백 기능성 성분은 추출 방법이나 온도의 영향을 크게 받지 않는 것으로 나타났다.

건강기능식품 개발을 위한 기능성 소재로 작약 내 albiflorin 및 paeoniflorin 등의 지표물질을 이용하기 위해서는 환류추출법을 이용한 50% 메탄올 용매 추출이 가장 효율적 이었으며 항산화 활성이나 미백 기능성을 갖는 소재로 개발하고자 할 때는 고에너지 마이크로웨이브를 이용한 추출법이 최적 추출조건이라고 판단된다. 작약의 경제적 추출 효과를 기대하기 위해서는 필요 성분에 따라 여러 방법의 복합적 추출 방법도 개발할 수 있을 것으로 보인다.

결 론

작약의 유효물질인 paeoniflorin을 마이크로웨이브를 이용해 추출하기 위해서는 50% 메탄올을 용매로 이용하고 온도는 60°C로 진행하는 것이 가장 적당하다. 또 다른 유효물질인 albiflorin과 폴리페놀 화합물, tyrosinase inhibition을 위한 생리활성물질 등의 추출을 위해서는 120°C 이상의 고온 조건이 효과적인 것으로 나타났다.

사 사

본 과제(결과물)는 2020년도 교육부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 지자체-대학 협력기반 지역혁신사업의 결과입니다.

인용문헌

1. Choung, M. G., An, Y. N., Kang, K. H., Cho, Y. S. and Kim, J. H. (2003) Comparison on the extract content by different processing method in Peony(*Paeonia lactiflora* Pall.) root. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **11**: 201-206.
2. Koo, Y. K., Kim, J. M., Koo, J. Y., Kang, S. S., Bae, K., Kim, Y. S., Chung, J. H. and Yun-Choi, H. S. (2010) Platelet anti-aggregatory and blood anti-coagulant effects of compounds isolated from *Paeonia lactiflora* and *Paeonia suffruticosa*. *Pharmazie* **65**: 624-628.
3. Zhu, L., Wei, W., Zheng, Y. Q. and Jia, X. Y. (2005) Effects and mechanisms of total glucosides of paeony on joint damage in rat collagen-induced arthritis. *Inflamm Res.* **54**: 211-220.
4. Du, W., Liang, X., Wang, S. Lee, P. and Zhang, Y. (2020) The underlying mechanism of *Paeonia lactiflora* Pall. in Parkinson's Disease based on a network pharmacology approach. *Front Pharmacol.* **11**: 581984.
5. Kim, S. J., Park, J. H., Choi, S. Y., Son, K. H. and Kim K. U. (2007) Isolated and identification of biological activity compounds from leaves and stem of *Paeonia lactiflora* Pallas. *Korean Journal of Medicinal Crop Science* **15**: 6-11.
6. Ministry of Food and Drug Safety (2019) Korean Pharmacopoeia (12 edition), 1842-1843. ShinIl books, Seoul.
7. Joo, E. Y. and Kim, N. W. (2008) Polyphenol contents and antioxidant activity of extracts from *Angelica dahurica* Root after different conditions of microwave-assisted extraction. *Korean J. Food Preserv.* **15**: 133-138.
8. Choung, M. G and Kang, K. H. (1994) Extraction methods and HPLC analysis conditions of paeoniflorin in Peony, *Paeonia lactiflora* Pall. *Korean J. Crop Sci.* **39**: 542-547.
9. Mandal, V., Mohan, Y. and Hemalatha, S. (2006) Microwave assisted extraction - an innovative and promising extraction tool for medicinal plant research. *Pharmacognosy Reviews* **1**: 7-18.
10. Lee, D. S., Ko, W., Kim, K. S., Kim, D. C., Yoon, C. S., Cho, K., Cui, X., Oh, H. and Kim, Y. C. (2014) The comparison between hot-water extracts and microwave extracts of *Scutellaria radix* for antioxidant and neuroprotective effects. *Kor. J. Pharmacogn.* **45**: 55-61.
11. Singleton, V. L. and Rossi, J. A. (1965) Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture* **16**: 144-158.
12. Lu, Y. and Foo, L. Y. (2000) Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols from apple pomace. *Food*

- Chemistry* **68**: 81-85.
13. Cui, H., Duan, F., Jia, S., Cheng, F. and Yuan, K. (2018) Anti-oxidant and tyrosinase inhibitory activities of seed oils from *Torreya grandis* Fort. ex Lindl. *BioMed Research International* **2018**: 5314320-5314320.
 14. Bang, M. H., Song, J. C., Lee, S. Y., Park, N. K. and Baek, N. I. (1999) Isolation and structure determination of antioxidants from the root of *Paeonia lactiflora*. *J. Korean Soc. Agric. Chem. Biotechnol.* **42**: 170-175.
 15. Kim, S. J., Park, J. H., Choi, S. Y., Son, K. H. and Kim K. U. (2007) Isolated and identification of biological activity compounds from leaves and stem of *Paeonia lactiflora* Pallas. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **15**: 6-11.
 16. Jung, Y. O., Park, N. B., Jung, S. J., Kwak, J. S. and Han, J. H. (2010) Effect of whitening, anti-aging on extract of *Paeonia lactiflora* flower. *Korean J. Oriental Physiology & Pathology* **24**: 452-456.
- (2021. 7. 15 접수; 2021. 8. 20 심사; 2021. 9. 8 게재확정)