

마이크로웨이브 추출조건에 따른 동결 및 열풍 건조 오미자 추출물의 항산화 특성

박은주 · 안재준 · 김정숙¹ · 권중호*
경북대학교 식품공학부, ¹계명문화대학 식품영양조리과

Antioxidant Activities in Freeze-dried and Hot Air-dried Schizandra Fruit (*Schizandra chinensis* Baillon) at Different Microwave-assisted Extraction Conditions

Eun-Joo Park, Jae-Jun Ahn, Jeong-Sook Kim¹, and Joong-Ho Kwon*
School of Food Science & Biotechnology, Kyungpook National University
¹Department of Food Nutrition & Culinary, Keimyung College

Abstract This study was aimed to investigate the effect of microwave-assisted extraction on Schizandra fruit extract dried by two different treatments: freeze-drying and hot air-drying. Two extraction parameters were measured in particular: total polyphenol content and antioxidant activity. Both values were found to increase as the microwave power increased, for both drying processes. However, the extract from the freeze-dried sample exhibited higher antioxidant activity than that from the hot air-dried samples. Additionally, the total polyphenol content and antioxidant activity of the extract from the freeze-dried samples increased with the extraction time, whereas they decreased with the extraction time in the case of the hot air-dried sample. Solvent concentration was also found to have a significant effect on total polyphenol content and antioxidant activity; the highest values for both properties were achieved at 50 and 70% ethanol concentrations, respectively. In summary, a higher total polyphenol content and antioxidant activity were observed for Schizandra fruit extracted by freeze-drying than that by hot air-drying.

Keywords: *Schizandra chinensis*, microwave-assisted extraction, total polyphenol, antioxidant activity, drying effect

서 론

최근 들어 평균 수명이 연장되어 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 식품의 생리적 기능성에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 오미자(*Schizandra chinensis* Baillon)는 목련과의 과실로 오래전부터 수렴, 자양, 강장, 목마름 등에 좋은 약효를 가지고 있어 생약원료로 한방에서 사용해 오던 재료로 우리나라에서는 주로 약재뿐 아니라 오미자차, 오미자술, 오미자 화채 등으로 이용되고 있다. 오미자는 안토시아닌, lignan 유도체(schizandrin 및 gomisin 유도체)를 가지며(1,2), 특히 오미자에서 얻어지는 폴리페놀 화합물은 매우 높은 항산화능을 가지는 것으로 알려져 있다(3).

활성 산소종(reactive oxygen species, ROS)에 의해 생기는 산화적 스트레스는 심장혈관계 질병, 암, 당뇨병, 노화 및 신경성질환과 같은 만성, 퇴행성 질환에 중요한 역할을 한다. 대표적인 ROS는 superoxide radical (O_2^-), hydrogen peroxide ($OH\cdot$), hydroxyl

free radical ($ROO\cdot$) 등이 있다(4,5). 이들 ROS는 직접적으로 생체에 작용하여 DNA의 돌연변이를 유발하고, 유전자를 변형시킨다. 이러한 산화적 스트레스는 암을 비롯한 염증, 동맥경화 등과 같은 각종 질병의 원인으로 알려져 있으며, 흡연, 음주, 스트레스, 각종 환경오염물질 등에 과도하게 노출되어 있는 현대인에게는 산화적 스트레스를 경감시킬 수 있는 항산화제가 필수적이다(6).

오미자의 활용도를 높이기 위해 오미자를 추출하여 음료나 차의 형태로 가공한다면 보다 쉽게 항산화 성분을 섭취할 수 있으며, 또한 폴리페놀은 물이나 알코올에 잘 용해되므로(7) 가공식품으로 쉽게 적용할 수 있다. 한편, 오미자를 음료로 가공하는데 있어 가장 우선적으로 고려해야 할 것은 추출방법이며 이때 효율적인 추출방법을 선택하는 것이 중요한 문제가 될 수 있다. 이미 오랫동안 환류냉각 추출(reflux extraction, RE) 방법이 오미자를 비롯한 많은 식품의 추출 방법으로 이용되어 왔으나 추출시간이 길고 추출효율이 낮은 단점이 있다. 이에 비해 마이크로웨이브 추출(microwave-assisted extraction, MAE) 방법은 소량의 용매를 사용하여 단시간에 원하는 물질을 추출할 수 있으며 기존의 추출방법(RE, soxhlet 추출법)보다 추출효율이 매우 높은 것으로 보고되고 있다(8,9). 인삼 추출 시 MAE 방법과 RE방법을 비교하였을 때, 6분간 추출한 MAE 추출물과 8시간 추출한 RE 추출물의 추출효율이 유사하였으며(10), 마늘의 oleoresin 추출 시 MAE 방법이 RE 방법보다 훨씬 높은 수율과 생리활성 기능을 나타내는 것으로 보고 된 바 있다(11).

*Corresponding author: Joong-Ho Kwon, School of Food Science & Biotechnology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea
Tel: 82-53-950-5775
Fax: 82-53-950-6772
E-mail: jhkwon@knu.ac.kr
Received May 9, 2013; revised June 24, 2013;
accepted June 25, 2013

오미자는 크게 생 오미자, 냉동 오미자, 건조 오미자 등으로 유통되며, 건조 오미자는 주로 열풍 건조(50-80°C)에 의해 제조한다. 오미자 관련 문헌을 살펴보면 주로 열풍 건조한 오미자에 대해 추출조건 및 항산화 특성에 대하여 연구가 되었을 뿐, 건조 방법에 따른 항산화성의 비교 연구는 없는 실정이다(12-15).

따라서 본 연구에서는 동결 건조 및 열풍 건조한 오미자에 대해 마이크로웨이브 추출방법을 이용해 추출물의 항산화 특성이 가장 우수한 추출 조건을 탐색하여 건조 방법에 따른 영향을 비교하고자 하였다. 이를 위하여 마이크로웨이브 추출 방법으로 오미자 추출물을 얻고 각 건조 조건에 따른 총 폴리페놀 함량과 항산화 특성을 비교하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에서는 2012년 9월 생산된 문경산 생 오미자를 구입하였다. 동결건조는 심온고(-70°C)에서 하루 동안 보관 후 동결건조(MCFD8518, Ilshinbiobase, Yangju, Korea)하였다. 오미자의 열풍건조는 열풍건조기(50°C)에서 4일 동안 건조시켜 사용하였다. 시료의 수분함량은 동결건조 오미자 6.21±0.09%, 열풍건조 오미자 4.47±0.22%이었으며, 건조된 시료는 40 mesh 이하로 분쇄한 후 실험에 사용하였다.

추출방법 및 조건

오미자 시료의 추출은 마이크로웨이브 용량(W), 추출시간(min) 및 용매 농도(%)를 달리한 여러 조건에서 추출실험을 실시하였다. 마이크로웨이브 용량에 따른 추출실험은 예비실험을 바탕으로 70% 에탄올, 추출시간 4분에서 100, 150 및 200 W에 따른 실험을 실시하였고, 시간에 따른 추출특성 실험은 70% 에탄올, 150 W에서 1, 2, 3, 4, 6, 8분 동안 추출하였다. 아울러 용매 농도에 따른 추출특성 실험은 150 W, 4분, 에탄올 농도 0, 50, 70, 99%에서 각각 추출하였다. 얻어진 각 추출물은 감압여과장치(EYELA, JP/N-1000SW, Tokyo, Japan)로 여과(Whatman No. 1)하여 -20°C에서 냉동 보관하면서 분석용 시료로 사용하였다.

총 페놀함량 측정

총 페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 방법(16)에 의해, 시료 0.2 mL 과 증류수 1.8 mL를 혼합하고 Folin-Ciocalteu's phenol reagent 0.2 mL를 가하였다. 6분 후, 7% Na₂CO₃ 2 mL를 혼합하여 750 nm에서 분광광도계(Optizen 2120UV, Mecasys Co. Ltd., Daejeon, Korea)를 이용하여 측정하였다. 함량은 gallic acid를 표준물질로 하여 검량선을 작성하였다.

Trolox equivalent antioxidant capacity 측정

시료의 항산화성은 α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH) radi-

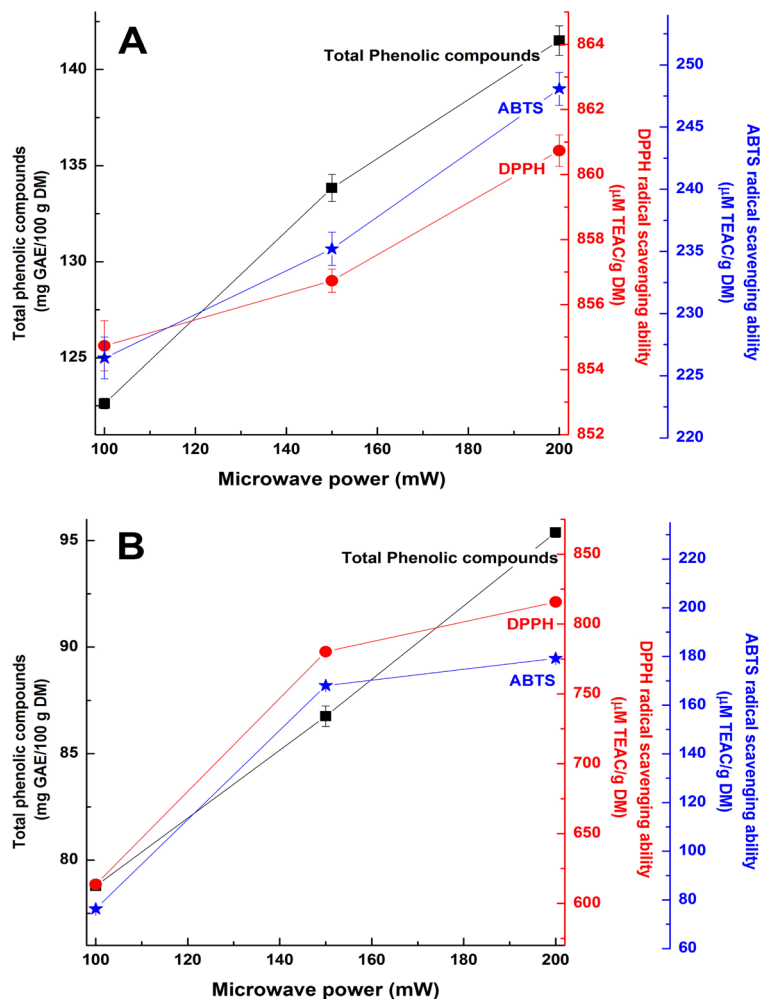


Fig. 1. Changes in total polyphenolic content, DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity of Schizandra fruit extracted with different microwave powers (W). (A, freeze-drying; B, hot air-drying)

cal 소거능(17) 및 2,2'-azino-bis-3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid (ABTS) radical 소거능(18)으로 측정하였다. DPPH radical 소거능은 시료 1 mL에 517 nm에서 흡광도를 1.00±0.02으로 조정된 DPPH 용액 5 mL를 혼합하고 30초 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

ABTS cation radical 소거능 측정을 위해 7 mM ABTS와 2.45 mM potassium persulfate를 약 하루 동안 혼합 및 암소 방치하여 ABTS 양이온을 충분히 형성시킨 후 734 nm에서 흡광도 값을 0.70±0.02로 조정하였다. 시료 0.2 mL에 희석된 ABTS 용액 4 mL를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 6분 후에 측정하였다. 항산화능은 trolox를 표준물질로 하여 검량선을 작성한 후 건물량 기준 µM trolox equivalent antioxidant capacity (TEAC)/g으로 나타내었다.

결과 및 상관성 분석

본 실험은 분석에 영향을 미치는 모든 변수들은 Excel 2010, SAS program (SAS Institute, Cary, NC, USA)을 이용하여 분석하였고(19), 결과 정리는 Origin 8.0 software (Origin Lab. Co., Northampton, MA, USA)를 사용하였다(20).

결과 및 고찰

마이크로웨이브 용량(W)의 영향

건조 오미자의 마이크로웨이브 용량에 따른 영향을 확인하기 위하여 에탄올 농도 70%, 추출시간은 4분으로 고정하여 용량 조건별(100-200 W) 추출특성을 비교하였다. 총 폴리페놀 함량은 마이크로웨이브 용량이 증가할수록 동결 오미자와 열풍 오미자 모두 증가하였으며, DPPH 및 ABTS radical 소거능 또한 증가하였다(Fig. 1). 이는 총 폴리페놀 함량이 증가하면 항산화 활성도 증가한다는 Seo 등(21)과 Lee 등(22)의 보고와 유사하였다. 또한 섬썩부쟁이와 곰취에 대해 마이크로웨이브 용량과 용매에 따른 추출실험 결과, 마이크로웨이브 용량이 증가할수록 총 폴리페놀 함량은 증가하였으나, 항산화능은 120 W에서 평형을 나타내었다고 하여 본 실험과 일부 상반된 결과를 나타내었다. 또한 폴리페놀 함량의 경우 마이크로웨이브 용량의 영향을 크게 받지만, 항산화능은 용량의 영향을 적게 받는다고 하였는데(23,24), 본 연구에서는 총 폴리페놀 함량과 항산화능 모두 마이크로웨이브 용량에 크게 영향을 받는 것으로 확인되었다.

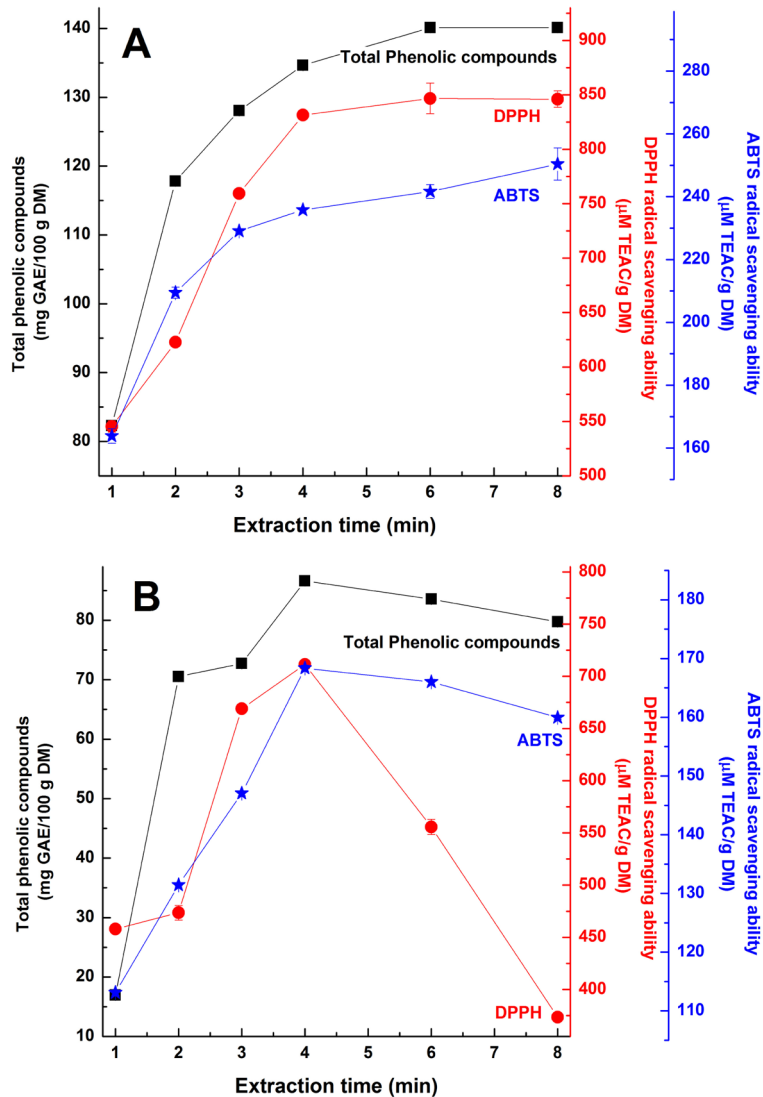


Fig. 2. Changes in total polyphenolic content, DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity of Schizandra fruit extracted with different extraction time (min). (A, freeze-drying; B, hot air-drying)

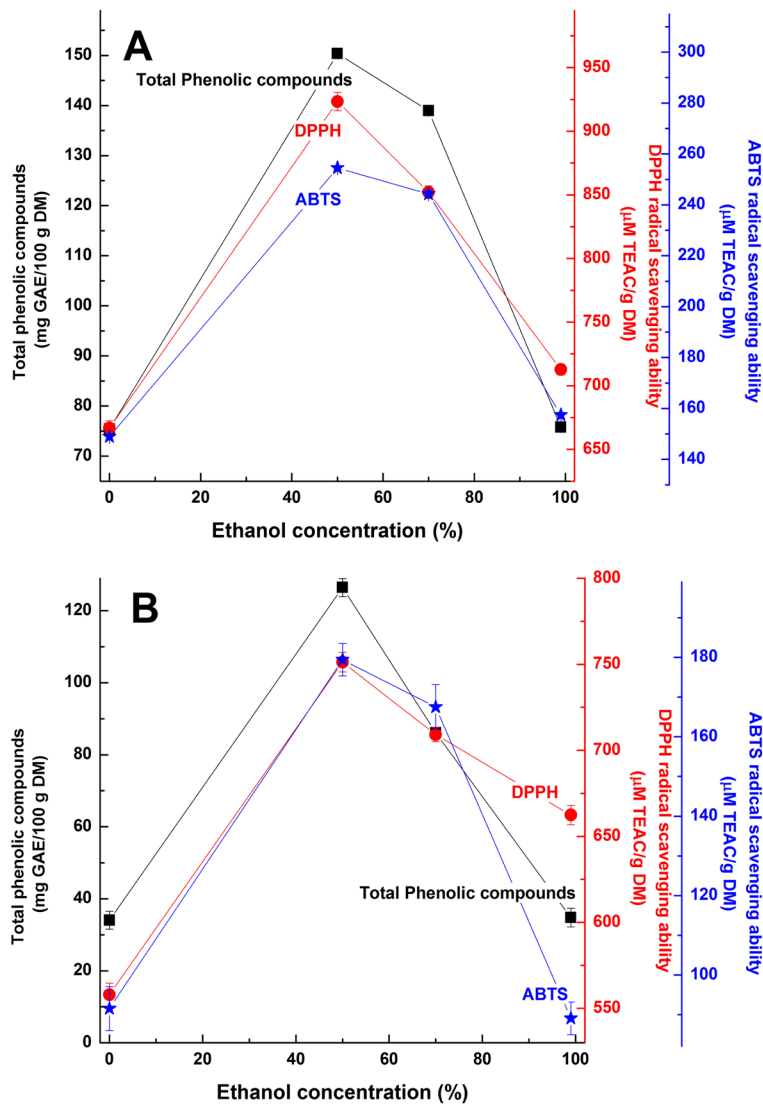


Fig. 3. Changes in total polyphenolic content, DPPH radical scavenging activity and ABTS radical scavenging activity of Schizandra fruit extracted with different ethanol concentrations (%). (A, freeze-drying; B, hot air-drying)

건조방법에 따른 오미자의 항산화능은 동결 건조된 오미자가 열풍 건조된 오미자보다 총 폴리페놀 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거능이 높은 것을 알 수 있었다. 이는 열풍 건조 과정에서 장시간 동안 열을 받으면서 유효성분이 파괴되어 나타나는 현상이라 판단된다. Jeong 등(25)의 연구에서도 가시오가피의 총 폴리페놀 및 DPPH 유리 라디칼 소거활성은 열풍건조보다 동결 건조방식이 우수하였고 건조온도에 따라 유효성분 함량 및 항산화능에 직접적인 영향을 끼친다고 하여 본 연구와 동일한 연구 결과를 나타내었다.

본 연구에서 실험한 100-200 W 조건에서는 마이크로웨이브 용량이 증가함에 따라 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 역시 증가하였고, 용량의 크기에 따라 완만하게 증가하였으므로, 200 W 이상의 마이크로웨이브 용량에서 추출특성에 대한 추가연구가 필요하다 고 사료되었다. 또한 건조방법에 따른 영향은 동결 건조 오미자의 항산화능이 열풍 건조 오미자에 비해 증가되는 것을 알 수 있었다.

추출시간의 영향

오미자 항산화 유효성분의 효과적인 추출을 위해 에탄올 농도 70%, 용량 150 W로 고정한 후 추출시간(1-8분)의 영향을 검토하였다(Fig. 2). 위의 마이크로웨이브 용량에 따른 실험에서 200 W 조건에서 추출하였을 때, 가장 높은 폴리페놀함량과 항산화활성을 나타내었다. 하지만 예비실험에서 마이크로웨이브 용량과 용매(50% EtOH)에 따른 영향을 관찰하였을 때, 100 W 및 150 W에서는 3분 내외에서 끓는점에 도달하였고, 200 W에서는 2분 이내에 끓는점에 도달하여, 이후의 마이크로웨이브 용량은 에너지 효율과 추출시간 등을 고려하여 150 W로 설정하여 실험하였다.

동결건조 오미자는 추출시간이 증가함에 따라 총 폴리페놀 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거능이 증가하였고, 6분에서 평형에 도달하였다. 그러나 열풍건조 오미자의 총 폴리페놀 함량 및 ABTS radical 소거능은 1-4분까지는 급격히 증가하다가 4분 후에는 완만하게 감소하는 경향을 나타내었고 DPPH radical 소거능은 4분 후에 급격히 감소하였다. 열풍 건조한 섹쑤부쟁이와

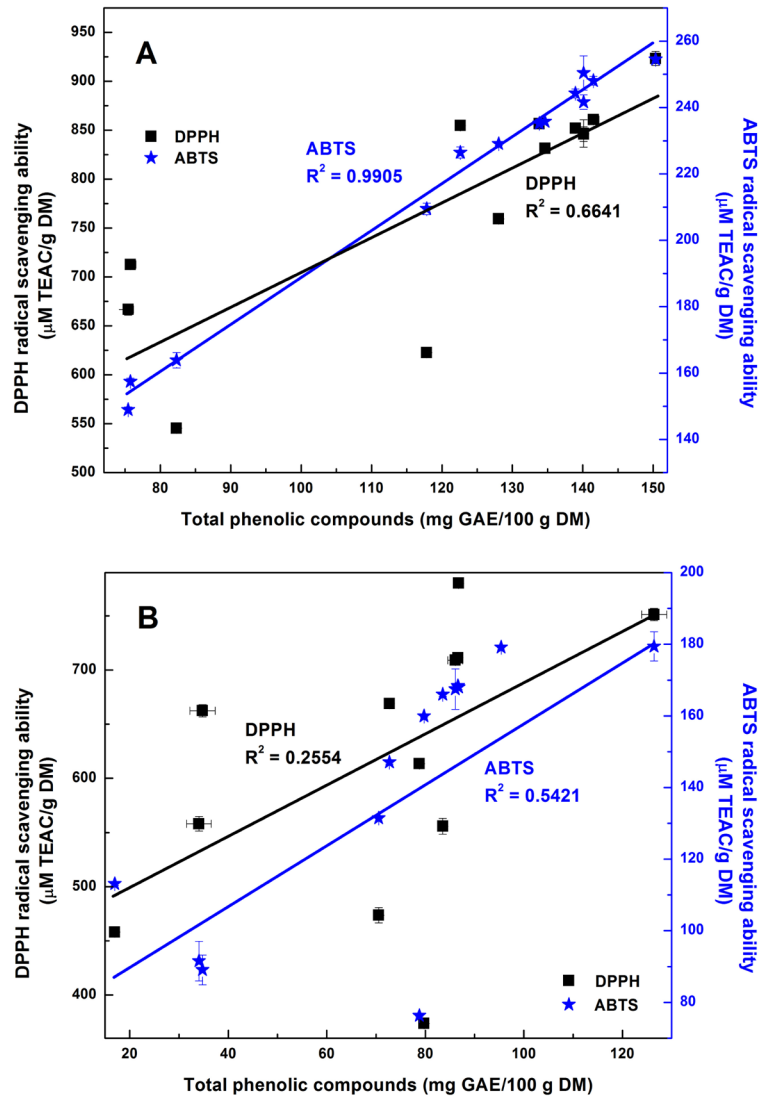


Fig. 4. Correlation between total polyphenolic content and antioxidant capacities. Antioxidant capacities were measured by the DPPH and ABTS radical scavenging activities for *Schizandra* fruit extracts by microwave-assisted extraction. (A, freeze-drying; B, hot air-drying)

곰취의 추출 시간에 따른 마이크로웨이브 추출물의 총 폴리페놀 함량은 1분에서 4분까지는 추출률이 크게 증가하였고 4분 이후에는 완만하게 증가하였다고 하여 본 연구의 동결건조 오미자의 총 폴리페놀 함량 및 항산화능 결과와 유사한 결과를 나타내었다.

DPPH radical 소거능은 식품의 항산화능을 측정하는 데 있어 신속하고 간편하게 측정할 수 있어 가장 많이 이용되고 있는 항산화 측정방법 중 하나이다(26). 그러나 DPPH radical 소거능은 BHT와 같은 강한 소수성 항산화제와는 낮은 반응성을 나타내므로 지용성 화합물의 항산화능 측정이 어렵다는 단점이 있어 ABTS 및 FRAP 등과 같은 추가적인 항산화 실험이 필요하다고 보고된 바 있다(27,28). 6분 및 8분 동안 추출한 열풍 건조 오미자에서 DPPH radical 소거능이 급격하게 감소한 이유는 오미자가 장시간 열에 노출되어 오미자의 주요 폴리페놀 화합물 중 지용성 폴리페놀인 lignan 화합물의 함량은 크게 변화가 없는 반면, 수용성 폴리페놀인 안토시아닌은 감소하기 때문으로 사료된다. 따라서 건조 방법이 총 폴리페놀 함량과 항산화능에 직접적인 영향을 끼치는 것을 알 수 있었다.

용매 및 용매농도의 영향

동결 및 열풍 오미자로부터 용매의 농도에 따른 추출특성을 알아보고자, 열수 추출물과 에탄올 추출물(50, 70, 99%)에 대해 150 W에서 4분 동안 추출하여 총 폴리페놀과 항산화능을 분석하였다(Fig. 3). 동결 오미자와 열풍 오미자 모두 50% 에탄올 추출물을 기준으로 감소하는 것을 알 수 있었다. 70% 에탄올 추출물은 50% 에탄올 추출물과 큰 차이를 나타내지 않았으나, 열수 추출물과 99% 에탄올 추출물은 매우 낮은 함량을 나타내었다. 즉, 총 폴리페놀 함량과 항산화능은 에탄올(50,70%) 추출물>에탄올(99%) 추출물>열수 추출물 순으로 나타나, 에탄올이 물과 혼합할 경우 총 폴리페놀 함량과 항산화능에 크게 영향을 미치는 것으로 나타났다. 또한 동결건조 오미자가 열풍건조 오미자에 비해 총 폴리페놀 함량과 항산화능이 높아 마이크로웨이브 용량 및 추출 시간의 영향에 나타나는 경향과 동일하였다. Kwon 등(24)은 곰취를 마이크로웨이브 추출을 하였을 때 8분 동안 120 W 추출물의 총 폴리페놀 함량은 50% 에탄올 추출물이 가장 높은 함량을 나타내 본 실험과 같은 결과를 나타내었다. 한편, Kim 등(29)은 마

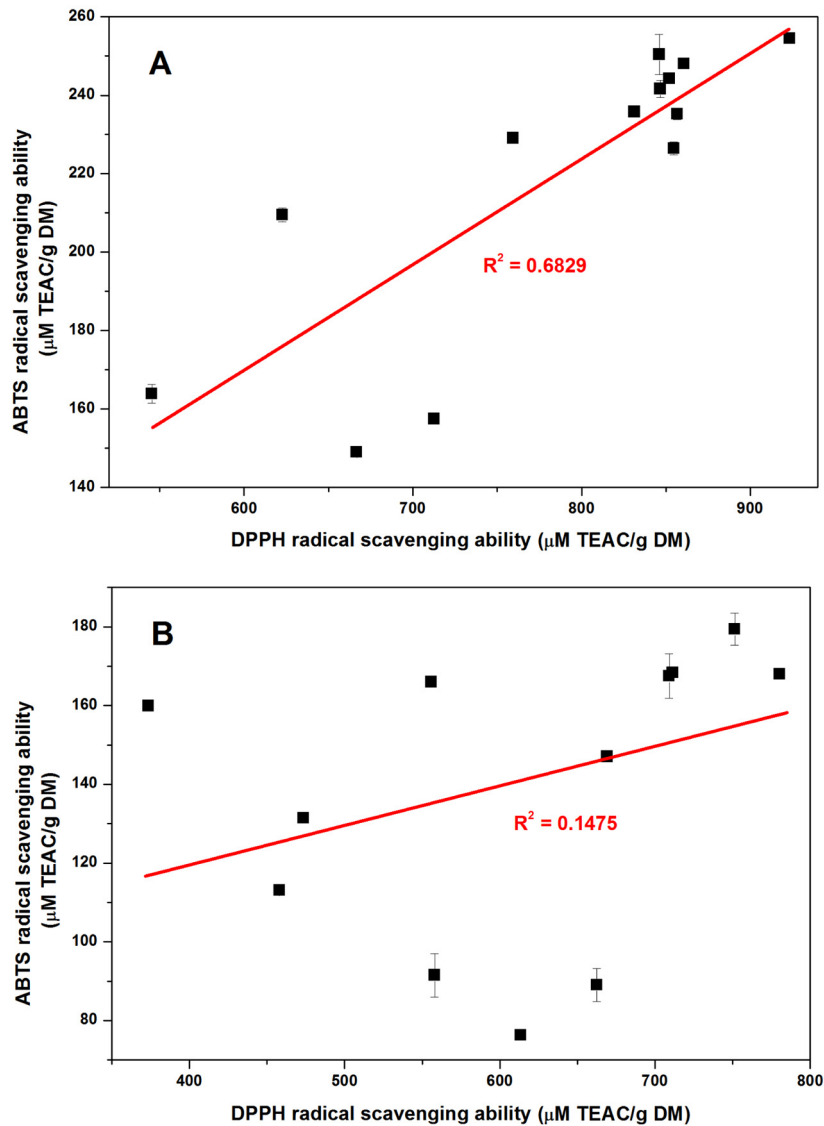


Fig. 5. Correlation between total antioxidant capacities measured by the DPPH and ABTS radical scavenging abilities for Schizandra fruit extracts by microwave-assisted extraction. (A, freeze-drying; B, hot air-drying)

이 마이크로웨이브 용량 60 W에서 총 폴리페놀 함량은 50% 에탄올 추출물이 가장 높게 나타났으나 90 W 이상에서는 물 추출물이 가장 높게 나타나 본 실험과는 상이한 결과를 나타내었다. 이와 같이 추출용매에 따라 총 폴리페놀 함량과 항산화능이 차이가 나는 이유는 용매의 유전상수(dielectric constant)가 각각 다른데 기 인하며 이것이 용매와 용질의 반응성에 영향을 주었기 때문이라 판단된다. MAE 방법에서 추출 효과를 높이기 위해서 먼저 추출 대상 성분은 유전상수가 높아 마이크로웨이브 흡수력이 높아야 하고, 추출용매는 유전상수가 낮아 마이크로웨이브 투과력이 높아야 한다(8,9). 물은 마이크로웨이브를 잘 흡수하여 추출효과가 증대되나, 높은 유전상수(80 이상)로 인해, 마이크로웨이브 에너지를 투과시키지 않으므로 추출용매로는 부적합하다(30). 따라서 본 실험에서 물 추출물은 마이크로웨이브 에너지가 물에 흡수되어 시료에 적게 전달되었기 때문에 총 폴리페놀 함량과 항산화 능이 낮았을 것이라 판단되었다. 또한 99% 에탄올 추출물의 경우 이와 반대로 에탄올의 유전상수는 물에 비해 크게 낮은 24.3으로서 마이크로웨이브 투과력은 높으나 본 시험에서 사용한 오

미자는 건조시료이므로 수분의 함량이 낮아 마이크로웨이브 에너지가 시료에 충분히 전달되지 못하여 함량이 감소하였을 것이라 사료된다.

총 폴리페놀 함량과 항산화 특성간의 상관분석

건조방법에 따른 오미자의 마이크로웨이브 추출에 필요한 인자들의 영향을 비교하기 위하여 총 폴리페놀 함량 및 항산화 특성(DPPH 및 ABTS radical 소거능)간의 상관성을 분석하였다. 총 폴리페놀 함량과 DPPH 및 ABTS radical 소거능의 상관성을 분석한 결과, 동결 건조 오미자는 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 간에 높은 상관성을 나타내었다(Fig. 4A). 또한 ABTS radical 소거능($R^2=0.9905$)이 DPPH radical 소거능($R^2=0.6641$)보다 더 높은 상관성을 나타내었다. 이는 총 폴리페놀 함량이 증가하면 항산화 활성도 증가한다는 Seo 등(21)과 Lee 등(23)의 보고와 유사하였다. Macheix 등(31)과 Gil 등(32)은 자연계 식물체에 널리 존재하는 폴리페놀과 같은 친수성 항산화물질은 항산화능과 매우 밀접한 관계를 지닌다고 보고한 바 있다. 반면 열풍 건조한 오미자의

총 폴리페놀함량과 항산화 활성 간의 상관성을 나타낸 결과 동결 건조한 오미자보다 상관성이 낮게 나타났다(Fig. 4B). 이는 열풍건조가 동결건조에 비해 성분이 크게 변화한다는 Kwon 등(33)의 보고와 유사한 결과로서, 건조방법에 따라 항산화 성분에 미치는 영향이 다르기 때문으로 사료된다. 항산화실험(DPPH 및 ABTS radical 소거능)간의 상관성을 분석한 결과, 동결건조 오미자는 $R^2=0.6829$, 열풍건조 오미자는 $R^2=0.1475$ 로 나타나 건조방법 모두 약한 상관성을 나타내었다. Li 등(34)의 결과에서도 62종의 과일에 대해 FRAP radical 소거능과 ABTS radical 소거능 간의 상관성을 분석하였을 때, R^2 는 0.0337로 매우 낮은 상관성을 나타내었다고 하여 본 연구와 유사한 결과를 나타내었다.

요 약

본 연구는 열풍 건조와 동결 건조한 오미자를 시료로 하여 마이크로웨이브 추출 조건(W, 시간, 에탄올 농도)에 따른 추출물의 항산화 특성을 비교하였다. 추출물의 총 폴리페놀 함량과 항산화능(DPPH, ABTS radical 소거능)은 마이크로웨이브 용량(100-200 W)이 증가할수록 동결 및 열풍 건조 모두에서 증가하였다. 추출 시간(1-8분)에 따른 총 폴리페놀 함량과 항산화능은 동결건조 시료에서는 증가하였지만, 열풍건조 시료의 경우는 4분까지 증가하다가 이후에는 감소하였다. 용매를 달리한 추출물의 총 폴리페놀 함량과 항산화능은 에탄올 및 물 혼합 용매 추출물(50, 70%)에서 가장 높게 나타났으며, 열수 추출물과 99% 에탄올 추출물은 낮게 나타났다. 건조방법에 따른 총 폴리페놀 함량과 항산화능을 비교하였을 때, 모든 추출 조건에서 동결건조 오미자는 열풍건조 오미자보다 높은 항산화 활성을 나타내었다. 각 추출조건별 실험 인자들의 상관성을 분석한 결과, 동결 오미자는 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성 간에 높은 상관성을 나타낸 반면, 열풍건조 오미자는 상관성이 상대적으로 낮았다. 이상의 결과에서 건조방법은 오미자 추출물의 항산화적 특성에 유의적인 영향을 미쳤으며, 동결건조 오미자는 열풍건조 오미자보다 높은 총 폴리페놀 함량과 항산화 활성을 나타내었다.

감사의 글

본 연구논문은 교육과학기술부의 재원으로 지원을 받아 수행된 산학협력 선도대학(LINC) 육성사업의 연구결과입니다(과제번호: 2012-D-0033-010112).

References

1. Nomura M, Nakachiyama M, Hida T, Ohtaki Y, Sudo K, Aizawa T, Aburada M, Miyamoto KI. Gomisin A, a lignan component of *Schizandra* fruits, inhibits development of preneoplastic lesions in rat liver by 3'-methyl-4-dimethylamino-azobenzene. *Cancer Lett.* 76: 11-18 (1994)
2. Ohtaki Y, Hida T, Hiramatsu K, Kanitani M, Ohshima T, Nomura M, Wakita H, Aburada M, Miyamoto KI. Deoxycholic acid as an endogenous risk factor for hepatocarcinogenesis and effects of gomisin A, a lignan component of *Schizandra* fruits. *Anticancer Res.* 16: 751-755 (1996)
3. Cho YJ, Ju IS, Chun SS, An BJ, Kim JH, Kim MU, Kwon OJ. Screening of biological activities of extracts from *Rhododendron mucronulatum* Turcz. flowers. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 37: 276-281 (2008)
4. Azizova OA. Role of free radical processes in the development of atherosclerosis. *Biol. Membrany* 19: 451-471 (2002)
5. Young IS, Woodside JV. Antioxidants in health and disease. *J.*

- Clin. Pathol.* 54: 176-186 (2001)
6. Kahkonen MP, Hopia AI, Heinonen M. Berry phenolics and their antioxidant activity. *J. Agr. Food Chem.* 49: 4076-4082 (2001)
7. Kim NM, Sung HS, Kim WJ. Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.* 25: 204-209 (1993)
8. Kwon JH, Bélanger JMR, Paré JRJ, Yaylayan VA. Application of microwave-assisted process (MAP) to the fast extraction of ginseng saponins. *Food Res. Int.* 36: 491-498 (2003)
9. Kwon JH, Bélanger JMR, Paré JRJ. Optimization of microwave-assisted extraction (MAP) for ginseng components by response surface methodology. *J. Agr. Food Chem.* 51: 1807-1810 (1992)
10. Lee SB, Lee GD, Kwon JH. Optimization of extraction conditions for soluble ginseng components using microwave extraction system under pressure. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 28: 409-416 (1999)
11. Kim HK, Kwon YJ, Kwak HJ, Kwon JH. Oleoresin content and functional characteristics of fresh garlic. *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 329-335 (1999)
12. Kim SI, Sim KH, Ju SY, Han YS. A study of antioxidative and hypoglycemic activities of Omija (*Schizandra chinensis* Baillon) extract under variable extract conditions. *Korean J. Food Nutr.* 22: 44-47 (2009)
13. Lee WY, Choi SY, Lee BS, Park JS, Kim MJ, Oh SL. Optimization of extraction conditions from Omija (*Schizandra chinensis* Baillon) by response surface methodology. *Korean J. Food Preserv.* 13: 252-258 (2006)
14. Cho YJ, Ju IS, Kim BC, Lee WS, Kim MJ, Lee BG, An BJ, Kim JH, Kwon OJ. Biological activity of Omija (*Schizandra chinensis* Baillon) Extracts. *J. Korean Soc. Appl. Biol. Chem.* 50: 198-230 (2007)
15. Kim HK, Na GM, Ye SH, Han HS. Extraction characteristics and antioxidative activity of *Schizandrae chinensis* extracts. *Korean J. Food Culture* 19: 484-490 (2004)
16. Singleton VL, Rossi JA. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *Am. J. Enol. Viticult.* 16: 144-158 (1965)
17. Blios MS. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1200 (1958)
18. Re R, Pellegrini N, Proteggente A, Pannala A, Yang M, Rice-Evans C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free Radical Bio. Med.* 26: 1231-1237 (1999)
19. SAS Institute Inc. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA (1986)
20. Origin. Origin tutorial manual version 6.0. Microcal Software Inc., Northampton, MA, USA. pp. 20-45 (1999)
21. Seo YH, Kim IJ, Yie AS, Min HK. Electron donating ability and contents of phenolic compounds, tocopherols and carotenoids in waxy corn (*Zea mays* L.). *Korean J. Food Sci. Technol.* 31: 581-585 (1999)
22. Lee SE, Kim YS, Kim JE, Bang JK, Seong NS. Antioxidant activity of *Ulmus davidiana* var. *japonica* N. and *Hemipteleae davidii* P. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 12: 321-327 (2004)
23. Kim HG, Kwon YJ, Kim KH, Jeong YH. Changes of total polyphenol content and electron donating ability of *Aster glehni* extracts with different microwave-assisted extraction conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.* 32: 1022-1028 (2000)
24. Kwon YJ, Kim KH, Kim HK. Changes of total polyphenol content and antioxidant activity of *Ligularia fischeri* extracts with different microwave-assisted extraction conditions. *Korean J. Food Preserv.* 9: 332-337 (2002)
25. Jeong HN, Lim SH, Kim HY, Kim KD, Park YH, Ham HJ, Lee KJ, Kim KH, Ahn YS. Quality changes in *Eleutherococcus senticosus* cortex processed by different pretreatment and drying method. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 18: 98-104 (2010)
26. Janaszewska A, Bartosz G. Assay of total antioxidant capacity: comparison of four methods as applied to human blood plasma. *Scand. J. Clin. Lab. Inv.* 62: 231-236 (2002)
27. Nenadis N, Tsimidou M. Observation on the estimation of scavenging activity of phenolic compounds using rapid 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH.) tests. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 79: 1191-

- 1195 (2002)
28. Sharma OP, Bhat TK. DPPH antioxidant assay revisited. *Food Chem.* 113: 1201-1205 (2009)
29. Kim HK, Choi YJ, Jeong SW, Kim KH. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Lyophyllum ulmarium*. *Korean J. Food Preserv.* 9: 385-390 (2002)
30. Pare JRJ, Sigoun M, Lapointe J. Microwave-assisted natural products extraction. US patent 5,002,784 A (1991)
31. Macheix JJ, Fleuriet A, Billot J. *Fruit Phenolics*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA. pp. 1-24 (1990)
32. Gil MI, Tomás-Barberán FA, Hess-Pierce B, Kader AA. Antioxidant capacities, phenolic compounds, carotenoids and vitamin C contents of nectarine, peach, and plum cultivars from California. *J. Agr. Food Chem.* 50: 4976-4982 (2002)
33. Kwon JH, Lee GD, Lee SJ, Chung SK, Choi JU. 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 (1998)
34. Fu L, Xu BT, Xu XR, Gan RY, Zhang Y, Xia EQ, Li HB. Antioxidant capacities and total phenolic contents of 62 fruits. *Food Chem.* 129: 345-350 (2011)