

마이크로웨이브 추출조건에 따른 섬썩부쟁이 추출물의 총 폴리페놀 함량 및 전자공여 작용 변화

김현구 · 권영주 · 김공환* · 정윤희**

한국식품개발연구원, *이주대학교 화학 · 생물공학부, **단국대학교 식품영양학과

Changes of Total Polyphenol Content and Electron Donating Ability of *Aster glehni* Extracts with Different Microwave-assisted Extraction Conditions

Hyun-Ku Kim, Young-Joo Kwon, Kong-Hwan Kim* and Yoonhwa Jeong**

Korea Food Research Institute,

*Division of Chemical Engineering and Biotechnology, Ajou University,

**Department of Food Science and Nutrition, Dankook University

Abstract

Aster glehni was extracted by microwave-assisted extraction(MAE) and reflux extraction(RE) methods and their extraction efficiencies were compared. A considerable reduction in extraction time was achieved by MAE. When 70% methanol, 50% methanol, 70% ethanol, or 50% ethanol was used, MAE extract contained nearly same amounts of soluble solid and total polyphenol contents as obtained by RE. The optimum MAE conditions for the extraction of *Aster glehni* were 120~150 watts of microwave energy and 4~8 minutes of extraction time. No significant changes were found in electron donating ability(EDA) over the variation of microwave energy or extraction time. The use of diluted methanol or ethanol resulted in improving extraction yield(24%), total polyphenol content(2.6%) and EDA(60%).

Key words : *Aster glehni*, microwave-assisted extraction, polyphenol content, electron donating ability

서 론

인간의 수명이 증가하고 건강에 대한 관심이 높아지면서 질병의 치료보다는 예방의 측면에서 식품의 생리적 기능성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그동안 야생하는 산채는 영양적인 면이나 기호적인 면에서 주목받지 못했으나 차나 채소 등의 식물자원에서 항산화성, 항암성, 진균성 등의 기능성이 보고됨에 따라 상용하는 식품 뿐 아니라 야생 산채에 대해서도 기능성 식품으로서의 가능성을 검토하게 되었다. 섬썩부쟁이(*Aster glehni* var. *hondoehsis kitam*)는 국화과에 속하는 다년초로⁽¹⁾ 우리 나라에서는 주로 나물의 형태로 섭취되고 있다. 차 잎, 채소, 과일 등의 경우 기능

성을 나타내는 것은 이들이 폴리페놀을 함유하고 있기 때문이며⁽²⁻⁶⁾ 섬썩부쟁이 역시 상당량의 폴리페놀을 함유하고 있을 것으로 예상된다. 따라서 섬썩부쟁이에서도 항산화성 등의 기능성이 발견될 것으로 기대되며 함 등⁽⁷⁾은 국내에서 자생하는 산채의 착즙액에서 항 돌연변이성을 보고한 바 있고 정 등⁽⁸⁾은 역시 국화과에 속하는 다년초인 곰취에서 얻은 추출물의 항산화 효과를 보고하였다.

지금까지 섬썩부쟁이를 비롯한 산채류는 주로 나물의 형태로 섭취되었으나 이들을 음료나 차의 형태로 가공한다면 보다 용이하게 기능성 성분을 섭취할 수 있을 것이며 또한 폴리페놀은 물이나 알코올에 잘 용해되므로⁽⁹⁾ 가공식품으로 적용하기에 용이할 것이라 생각한다. 한편, 산채를 음료로 가공하는데 있어서 가장 우선적으로 고려해야 할 것은 추출방법이라고 할 수 있으며 이때 효율적인 추출방법을 선택하는 것이 중요한 문제가 될 수 있다. 이미 오랫동안 환류냉각 추출(reflux extraction) 방법이 산채를 비롯한 많은 식품

Corresponding author : Hyun-Ku Kim, Korea Food Research Institute, San 46-1, Baekhyun-dong, Bundang-ku, Songnam-si, Kyonggi-do 463-420, Korea
Tel : 82-31-780-9134
Fax : 82-31-780-9265
E-mail : hyunku@kfri.re.kr

의 추출 방법으로 이용되어 왔으나 1회 추출 시간이 2시간으로 추출하는데 긴 시간을 요하는 단점이 있다. 이에 비하여 마이크로웨이브 추출(microwave-assisted extraction) 방법은 적은 용매를 사용하여 단시간에 원하는 물질을 추출할 수 있는 장점이 알려져 있으며 환류냉각 추출방법을 비롯한 Soxhlet 추출법 등 기존의 추출방법보다 추출효율이 높은 것으로 보고되고 있다.⁽¹⁰⁻¹¹⁾

따라서 본 연구에서는 기존에 널리 사용되어 온 환류냉각 추출방법과 마이크로웨이브 추출방법을 추출 효율면에서 비교하고 섬싹부쟁이를 추출하는데 있어서 적절한 마이크로웨이브 추출조건을 선정하고자 하였다. 이를 위하여 환류냉각 추출과 마이크로웨이브 추출방법으로 섬싹부쟁이로부터 추출물을 얻고 각 추출방법에 따른 추출율과 총 폴리페놀 함량을 비교하였다. 그리고, 추출용매, 마이크로웨이브 에너지 및 추출 시간 등의 추출조건을 변화 시켜가며 얻은 섬싹부쟁이 추출물의 추출율, 총 폴리페놀 함량을 측정하고 DPPH(α, α -diphenyl-2-picryl-hydrazyl)에 대한 전자공여 능력으로 항산화성을 조사하였으며 이들의 변화 양상으로부터 마이크로웨이브 추출공정의 최적 추출조건을 선정하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 섬싹부쟁이는 경북 안동지역에서 재배된 것으로 90°C에서 2~3분간 처리한 후 60°C에서 건조하였다. 건조된 섬싹부쟁이는 분쇄기(Osterizer, Sunbeam-oster company, Inc., USA)를 사용하여 약 20 mesh가 되도록 분쇄하였으며 분쇄된 시료의 수분함량은 3회 반복 측정된 결과 $6.4 \pm 0.3\%$ 이었다. 총 폴리페놀 함량의 측정에는 sodium tungstate(S-0765)와 phosphomolybdic acid(P-7390)가 사용되었으며 모두 Sigma사 제품이었다. 전자공여작용의 측정에 사용된 α, α -diphenyl-2-picryl-hydrazyl(DPPH, D-9132) 역시 Sigma사 제품이었으며 추출용매로는 메탄올과 에탄올이 사용되었고 모두 특급 시약이었다.

추출방법

환류냉각 추출(reflux extraction, RE)은 냉각관이 부착된 heating mantle에서 실시하였으며 1회 추출시간은 2시간이었다. 마이크로웨이브 추출(microwave-assisted extraction, MAE)에 사용한 추출장치는 Soxwave 100(Prolabo, France)으로 마이크로웨이브 에너지 강도

를 30 W(watts) 단위로 최대 300 W까지 높일 수 있었으며 주파수는 2,450 MHz이었다. RE와의 추출효율을 비교하기 위한 마이크로웨이브 추출은 밀폐형 추출관에서 120 W의 마이크로웨이브 에너지로 8분 동안 수행하였다. 그리고, 최적 마이크로웨이브 추출조건을 선정하기 위해 마이크로웨이브 에너지의 경우 60~210 W, 추출시간의 경우는 1~15분으로 변화시키면서 추출하였다.

섬싹부쟁이 추출물 제조

RE와 MAE 추출방법 그리고 MAE 추출의 경우, 마이크로웨이브 에너지와 추출시간을 변화시키면서 섬싹부쟁이 추출물을 얻었으며 추출용매로는 물, 에탄올, 메탄올, 70% 에탄올, 70% 메탄올, 50% 에탄올 및 50% 메탄올의 7가지가 사용되었다. 분쇄한 섬싹부쟁이 2.5 g에 50 mL의 추출용매를 가하고 각 추출조건에 따라 추출한 후 Whatman No. 2 여과지를 사용하여 여과하였다. 여과하고 남은 잔사에 다시 50 mL의 용매를 가하여 마찬가지로 방법으로 추출하고 여과하였으며 이와 같은 과정을 2회 반복하였다. 3회의 추출로 얻은 약 150 mL의 여과액을 40°C 이하에서 회전감압증발기(Rotavapor R-124, Buchi, Switzerland)를 사용하여 농축시키고 건조한 후 물 50 mL를 가하여 섬싹부쟁이 추출물로 하고 총 폴리페놀 함량과 전자공여 작용의 측정에 사용하였다.

추출율

각각의 추출조건에 의해 추출한 추출물을 회전감압증발기를 사용하여 농축시키고 105°C 건조오븐(Forced convection oven, Jeico Tech, Korea)에서 건조한 후 함량이 되었을 때의 무게를 측정하였으며 건조 섬싹부쟁이 100 g에 대한 가용성 고형분 함량으로 나타내었다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 분석방법으로 널리 사용되고 있는 Folin-Denis⁽¹²⁾ 방법으로 측정하였으며, 각각의 추출조건에 따라 제조된 섬싹부쟁이 추출물의 1/25 희석액을 사용하였다. 즉, 희석액 5 mL에 Folin reagent 5 mL를 가하고 3분간 정치시킨 다음 5 mL의 10% Na₂CO₃ 용액을 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정지한 후 분광광도계(UV/VIS Spectrophotometer, Jasco, Japan)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하고 (+)catechin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

전자공여 작용

전자공여 작용은 강 등⁽⁵⁾의 방법에 따라 각 시료액의 DPPH에 대한 전자공여 효과로 시료액의 환원력을 측정하였으며 이때, 시료액은 각 추출조건에 따라 제조된 섬썩부쟁이 추출물의 5배 희석액을 사용하였다. 즉, 희석액 0.2 mL에 4×10^{-4} M DPPH 용액 0.8 mL, 0.1 M phosphate buffer(pH 6.5) 2 mL와 99.9% 에탄올 2 mL를 가하여 10초간 혼합하고 10분 후에 분광광도계를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여 효과는 추출물을 첨가하지 않은 구에 대한 추출물 첨가구의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

결과 및 고찰

환류냉각 추출과 마이크로웨이브 추출방법 비교

마이크로웨이브 추출과 환류냉각 추출방법에 의하여 용매별로 추출율과 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과, Table 1과 같이 대체로 MAE보다 RE 방법으로 추출했을 때 더 높은 추출율을 보였다. 즉, 물로 추출했을 때는 CE와 MAE 추출방법에 의하여 각각 약 32.6% 및 27.3%의 추출율을 보였고 메탄올 추출의 경우 각각 추출율이 20.9% 및 17.1%로 추출방법에 의한 차이를 보였으며 에탄올로 추출하였을 때는 그 차이가 더욱 커서 각각 10.6% 및 5.4%의 추출율을 나타내었다. 반면, 70%와 50% 메탄올 및 에탄올로 추출했을 때는 추출방법에 의한 추출율의 차이는 적었으며 대체로 23~27%의 추출율을 나타내었다. 이와 같이 추출용매에 따라 추출방법에 의한 추출율의 차이도가 다른 것은 용매마다 유전상수가 다르며 이것이 마이크로웨이브 추출에 영향을 주었기 때문이라 여겨진다. 마이크로웨이브 추출효과를 높이기 위해서는 추출대상 성분은 높은 유전상수를 가지고 있어서 마이크로웨이브 에너지를 흡수할 수 있어야 하며 반면, 추출용매는

유전상수가 낮아서 마이크로웨이브를 잘 투과시키는 성질을 가져야 한다⁽¹³⁾. 추출에 사용된 용매중 물은 80 이상의 높은 유전상수를 가지며⁽¹⁴⁾ 마이크로웨이브 가열 시 높은 에너지를 흡수하여 발열하므로 추출대상 시료에 물의 함량이 높을수록 추출효과가 커지게 되나 마이크로웨이브를 투과시키지 않으므로 추출용매로서는 부적합하다. 따라서 본 실험에서 물을 추출용매로 하였을 경우 마이크로웨이브가 물에 흡수되어 시료에 적게 전달되었기 때문에 추출효율을 감소시켰을 것이라 생각한다. 이에 비하여 메탄올이나 에탄올은 유전상수가 20~30으로 물보다 마이크로웨이브를 잘 투과시켜 에너지를 시료에 전달함으로써 추출용매로는 적합하다고 할 수 있다. 하지만 본 실험에서는 건조시료를 사용하였으므로 전달된 마이크로웨이브 에너지가 시료에 충분히 흡수되지 못하여 추출율이 감소하였을 것으로 여겨진다. 양파나 마늘 등의 생시료를 사용하여 2시간 이상의 용매 추출과 마이크로웨이브 추출 방법으로 추출하고 추출율을 비교하였을 때^(15,16)는 두 가지 방법간에 차이가 없었다고 하였다. 따라서 본 실험에서도 생시료를 사용했거나 건조시료를 습윤시킨 후 마이크로웨이브 추출을 하였다면 마이크로웨이브에 의한 추출율을 높일 수 있었을 것이라 생각한다. 추출용매에 의한 영향을 보면, 에탄올로 추출했을 때 추출율이 가장 낮았으며 메탄올로 추출했을 때는 에탄올로 추출했을 때의 2배 이상 높은 것으로 나타났었다. 그리고, 혼합용매의 경우 에탄올이나 메탄올의 첨가비율에 의한 추출율의 차이는 적었으며 대체로 물로 추출했을 때보다는 약간 낮은 추출율을 보였다.

총 폴리페놀 함량의 경우에는 추출율과 비교했을 때 추출방법에 의한 차이가 더 적었으며 에탄올과 메탄올을 제외하고는 추출방법에 의한 차이는 거의 없었다. Pare 등⁽¹³⁾은 전체 고형분보다 폴리페놀과 같은 목적성분을 추출하는데 있어서 마이크로웨이브 추출이

Table 1. Extraction yield and total polyphenol contents of *Aster glehni* by the method of RE and MAE

Solvents	Extraction yield ¹⁾		Total phenol content ²⁾	
	RE ³⁾	MAE ⁴⁾	RE	MAE
Distilled water	32.59	27.28	2.76	3.19
50% methanol	25.88	22.67	2.80	2.96
50% ethanol	25.91	23.78	2.64	2.58
70% methanol	25.42	23.54	2.64	2.83
70% ethanol	26.75	24.23	2.64	2.58
99% methanol	20.89	17.11	1.25	0.97
99% ethanol	10.64	5.43	0.03	0.02

¹⁾g soluble solid/100 g dry matter, mean of duplicate.

²⁾g (+)catechin eq./100 g dry matter, mean of duplicate.

³⁾extract obtained by reflux extraction method for 2 hr.

⁴⁾extract obtained by microwave-assisted extraction method for 8 min at 120 W.

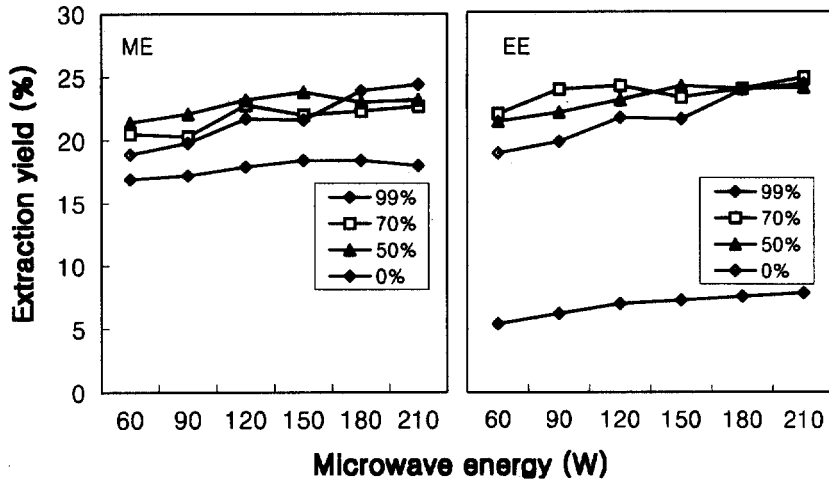


Fig. 1. Extraction yield of *Aster glehni* extracted for 10 minutes with different methanol(ME) and ethanol(EE) concentration according to change of microwave energy.

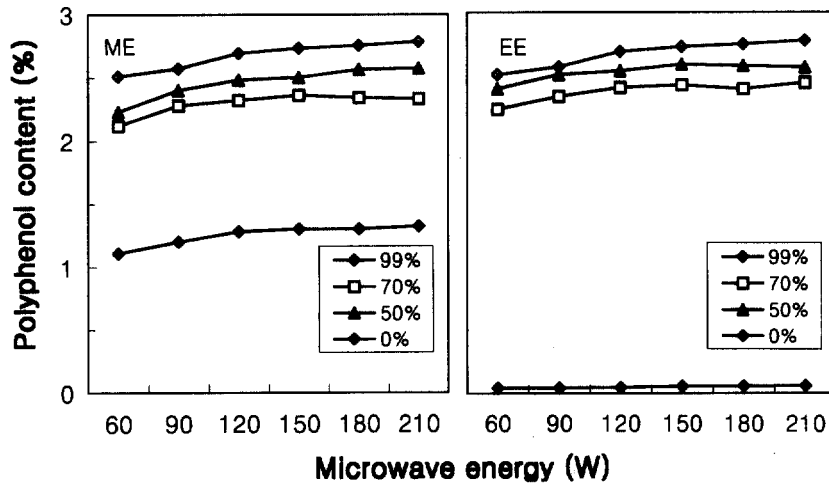


Fig. 2. Total polyphenol content of *Aster glehni* extracted for 10 minutes with different methanol(ME) and ethanol(EE) concentration according to change of microwave energy.

더 효과적이라고 하였다. Pare 등은 이러한 이유가 대류에 의해서 에너지가 전달되는 일반적인 가열방식과 달리 마이크로웨이브 추출에서는 시료 혼합물 전체가 마이크로웨이브 에너지에 노출됨으로써 천연물 내의 목적성분이 국소적으로 가열되어 용매로 유리되기 때문이라고 하였다. 추출용매에 따라서는 에탄올로 추출했을 때 0.03% 수준으로 가장 낮았고 메탄올로 추출했을 때는 1.0% 수준이었으며 물 및 혼합용매로 추출했을 때는 2.6~3.1%의 높은 폴리페놀 함량을 나타내었다. 이상과 같이 RE와 MAE 추출물을 비교한 결과, 메탄올, 에탄올, 물 등의 단일용매로 추출했을 때

는 추출율에 있어서 MAE보다 RE 방법으로 추출했을 때 더 높았으나 70% 또는 50%의 메탄올과 에탄올 혼합용매를 사용할 경우, 8분 동안의 마이크로웨이브 추출에 의해 2시간의 환류냉각 추출에서와 비슷한 수준의 추출율 및 총 폴리페놀 함량을 갖는 추출물을 얻는 것으로 나타났다.

마이크로웨이브 추출조건에 따른 추출물 특성 변화

마이크로웨이브 에너지를 변화시킴에 따라 에탄올 및 메탄올 농도별로 용매를 달리하면서 추출율의 변화를 측정된 결과는 Fig. 1과 같았다. 마이크로웨이브

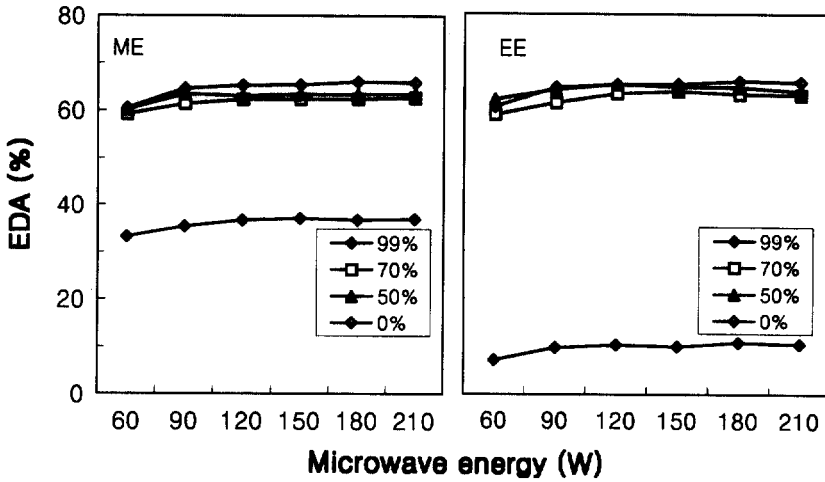


Fig. 3. Electron donating ability of *Aster glehni* extracted for 10 minutes with different methanol(ME) and ethanol(EE) concentration according to change of microwave energy.

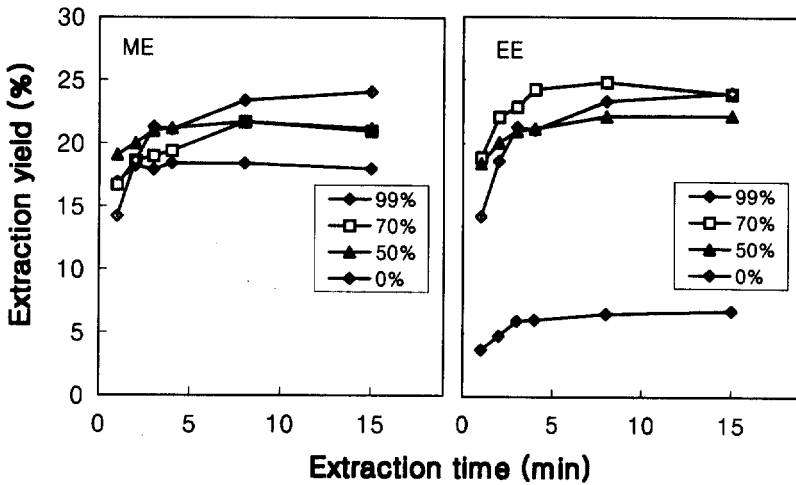


Fig. 4. Extraction yield of *Aster glehni* extracted with different methanol(ME) and ethanol(EE) concentration according to change of extraction time at 150 W of microwave energy.

에너지를 증가시키에 따라 추출율이 서서히 증가하다가 물과 에탄올로 추출했을 때를 제외하고는 대체로 150 W에서 추출율이 평형에 도달하였다. 물과 에탄올을 추출용매로 하였을 경우 증가율이 크지는 않았지만 실험조건에서 계속적으로 추출율이 증가하는 경향을 나타내었고 다른 용매로 추출했을 때보다 마이크로웨이브 에너지에 의한 영향을 크게 받았다. 이는 용매마다 유전상수가 다르기 때문이며 유전상수의 차이가 마이크로웨이브 에너지가 시료에 흡수되는데 영향을 주었을 것으로 보인다. 즉, 높은 유전상수를 갖는 물을 용매로 하였을 경우 낮은 마이크로웨이브 에너지에서는 물에 흡수된 에너지가 시료에 충분히 전달

되지 못하여 낮은 추출율을 보이다가 에너지 강도가 증가함에 따라 계속적으로 추출율이 증가한 것으로 생각된다. 또한 에탄올로 추출하였을 경우에는 낮은 마이크로웨이브 에너지에서는 수분함량이 낮은 시료에 에너지가 충분히 흡수되지 못하여 낮은 추출율을 나타내었고 마이크로웨이브 강도가 증가함에 따라 추출율이 계속적으로 증가했다고 할 수 있다. 에탄올로 추출했을 때는 추출율이 가장 낮아서 7.3%였고 메탄올로 추출하였을 때는 이의 2배 이상인 18% 수준이었으며 혼합용매 및 물로 추출했을 때는 24% 수준의 추출율을 보였다. 마이크로웨이브 에너지를 변화시키면서 총 폴리페놀 함량을 측정하였을 때 역시 Fig. 2에

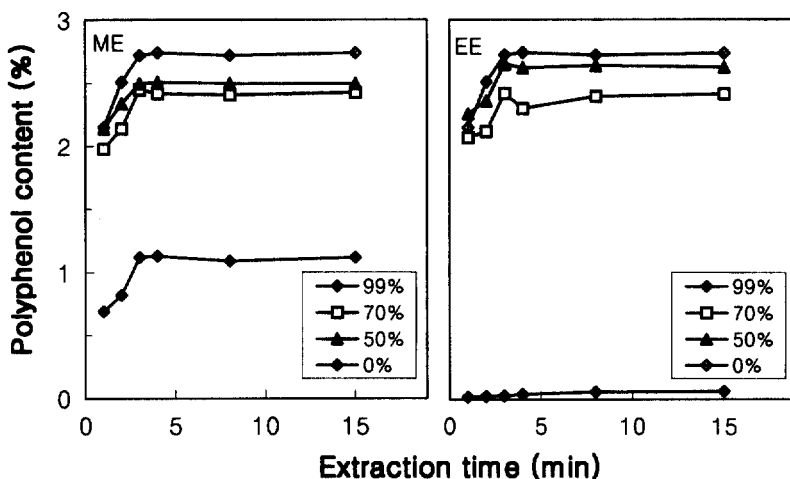


Fig. 5. Total polyphenol content of *Aster glehni* extracted with different methanol(ME) and ethanol(EE) concentration according to change of extraction time at 150 W of microwave energy.

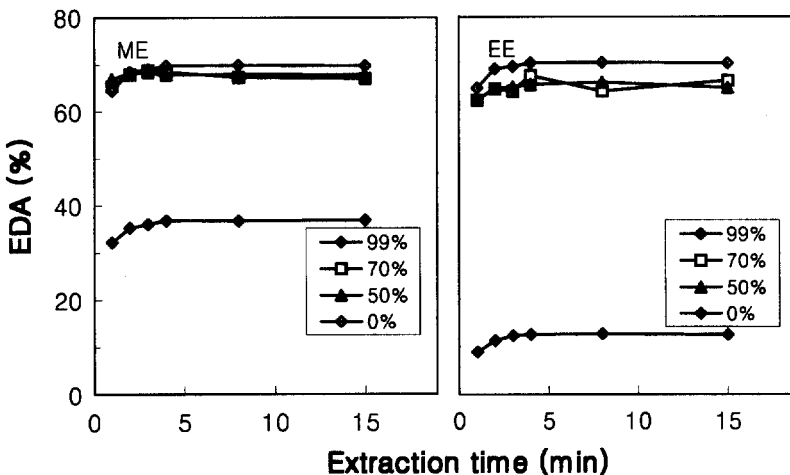


Fig. 6. Electron donating ability of *Aster glehni* extracted with different methanol(ME) and ethanol(EE) concentration according to change of extraction time at 150 W of microwave energy.

서처럼 마이크로웨이브 에너지를 증가시키에 따라서 서서히 총 폴리페놀 함량이 증가하였으며 추출율보다 더 낮은 에너지 수준인 120 W에서 평형에 도달하였다. 이때 에탄올로 추출했을 때의 총 폴리페놀 함량은 0.03%로 매우 낮았고 메탄올로 추출했을 때는 1.1%이었으며 물 및 혼합용매로 추출했을 경우 2.4~2.8%이었다. 폴리페놀의 경우 추출율보다 더 낮은 에너지 수준에서 추출평형에 도달한 것 역시, 마이크로웨이브 추출이 전체 고형분 보다 폴리페놀과 같은 목적성분을 추출하는데 더 효과적이라는 것을 보여주는 것이라 하겠다. 전자공여 작용의 경우에는 Fig. 3에서와 같이 마이크로웨이브 에너지에 의한 영향을 적게 받는 것으

로 나타났으며 실험조건에서 마이크로웨이브 에너지가 가장 낮은 60 W일 때를 제외하고는 마이크로웨이브 에너지에 따른 전자공여 효과의 변화는 보이지 않았다. 용매에 따라서는 에탄올로 추출했을 때 전자공여 효과가 약 10%로 가장 낮았고 메탄올 추출시에는 37%였으며 물 및 혼합용매로 추출했을 경우에는 60% 수준의 전자공여 효과를 나타내었다. 이와 같이 추출 용매에 의한 총 폴리페놀 함량과 전자공여 작용이 같은 경향을 보이는 것은 섬썩부쟁이의 항산화성이 폴리페놀 화합물과 관련이 있을 가능성을 시사한다고 하겠다. 추출시간을 달리하면서 곰취의 추출율, 총 폴리페놀 함량 및 전자공여 작용의 변화를 살펴 본 결과는 Fig.

4~6과 같았다. 1분에서 4분까지 추출시간을 증가시키에 따라 추출율이 증가하였고 대체로 8분 이상으로 추출시간을 증가시켜도 그 이상의 추출을 증가를 보이지 않았다. 그러나 물과 에탄올로 추출했을 때는 추출시간 15분까지도 증가율은 작았지만 계속적으로 추출율이 증가하는 경향을 나타내었고 마이크로웨이브 에너지를 변화시켰을 때와 마찬가지로 추출시간에 의한 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량의 경우에는 추출율보다 더 빠른 3분 또는 4분에서 총 폴리페놀 함량의 증가는 없었으며 전자공여 작용의 경우 마이크로웨이브 에너지를 변화시켰을 때와 마찬가지로 추출시간에 의한 영향은 거의 보이지 않았다. 즉, 에탄올, 메탄올, 물 등의 단일용매로 추출했을 경우 추출시간을 1분에서 2분으로 증가시켰을 때 전자공여 작용이 증가하였을 뿐 1~15분의 실험조건에서 거의 전자공여 작용의 변화가 없었다.

요 약

마이크로웨이브 추출방법과 환류냉각 추출방법을 비교한 결과, 물과 메탄올 및 에탄올 혼합용매로 추출한 경우 마이크로웨이브 추출 방법에 의하여 추출시간을 단축시키면서 환류냉각 추출방법에서와 같은 수준의 추출율과 총 폴리페놀 함량을 갖는 섬썩부쟁이 추출물을 얻을 수 있었다. 마이크로웨이브 추출시 최적 마이크로웨이브 에너지는 120~150 W였고 추출시간의 경우 4~8분이 적당하였다. 추출에 사용한 용매들 가운데 에탄올, 메탄올보다 물 그리고 물과 에탄올 또는 메탄올 혼합용매를 사용한 추출물의 추출율, 총 폴리페놀 함량 및 전자공여 효과가 높은 것으로 나타났다.

문 헌

1. Lee, Y.R. Flora of Korea. Kyohaksa, Seoul, Korea (1996)
2. Azuma, K., Nakayama, M., Koshioka, M., Ippoushi, K., Yamaguchi, Y., Kohata, K., Yamauchi, Y., Ito, H. and Higashio, H. Phenolic antioxidants from the leaves of *corchorus olitorius* L. J. Agric. Food Chem. 47: 3963-3966 (1999)
3. Camire, M.E. and Dougherty, M. Added phenolic compounds enhance lipid stability in extruded corn. J. Food Sci. 63: 516-518 (1998)
4. Kähkönen, M.P., Hopia, A.I., Vourela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S. and Heinonen, M. J. Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. J. Agric. Food Chem. 47: 3954-3962 (1999)
5. Kang, Y.H., Park, Y.K. and Lee, G.D. The nitrite scavenging and electron donating activity of phenolic compounds. Korean J. Food Sci. Technol. 28: 232-239 (1996)
6. Kim, J.K., Cha, W.S., Park, J.H., Oh, S.L., Cho, Y.J., Chun, S.S. and Choi, C. Inhibition effect against tyrosinase of condensed tannins from Korean green tea. Korean J. Food Sci. Technol. 29: 173-177 (1997)
7. Ham, S.S., Oh, D.H., Hong, J.K. and Lee, J.H. Antimutagenic effects of juices from edible Korean wild herbs. J. Food Sci. Nutr. 2: 155-161 (1997)
8. Jeong, S.W., Kim, E.J., Hwang bo, H.J. and Ham, S.S. Effects of *Ligularis fischeri* extracts on oxidation of low density lipoprotein. Korean J. Food Sci. 30: 1214-1221 (1998)
9. Kim, N.M., Sung, H.S., and Kim, W.J. Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. Korean J. Food Sci. Technol. 25: 204-209 (1993)
10. Pare, J.R.J., Belanger, M.R. and Stafford, S.S. Microwave-assisted process(MAP™): a new tool for the analytical laboratory. Trends in Analytical Chemistry 13: 176-184 (1994)
11. Schiffman, R.F. Microwave processing in the U.S. food industry. Food Technol. 46: 50-56 (1992)
12. AOAC. Official method of analysis. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists. Washington D.C., USA (1985)
13. Pare, J.R.J., Sigouin, M., Lapointe, J. Microwave-assisted natural products extraction. U.S. Patent 5,002,784 (1991)
14. Kwon, J.H. Efficient extraction of food and natural products by microwave-assisted process. Food Sci. & Industry 31: 43-55 (1998)
15. Kim, H.K., Kwon, Y.J., Kwak, H.J. and Kwon, J.H. Oleoresin content and functional characteristics of fresh garlic by microwave-assisted extraction. Korean J. Food Sci. Technol. 31: 329-335 (1999)
16. Kwon, Y.J., Kwon, J.H. and Kim, H.K. Oleoresin content and functional properties of fresh onion by microwave-assisted extraction. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 876-881 (1999)

(2000년 7월 3일 접수)