

마이크로웨이브 추출조건에 따른 참취 추출물의 총 폴리페놀 함량 및 항산화작용의 변화

김현구[†] · 권영주 · 김영언 · 남궁배
한국식품개발연구원

Changes of Total Polyphenol Content and Antioxidant Activity of *Aster scaber* Thunb Extracts with Different Microwave-Assisted Extraction Conditions

Hyun-Ku Kim[†], Young-Joo Kwon, Young-Eon Kim and Bae-Nahmgung
Korea Food Research Institute, Songnam 463-420, Korea

Abstract

This study was conducted in order to compare reflux extraction(RE) and microwave-assisted extraction(MAE) in extraction efficiency and establish optimum microwave extraction conditions in obtaining *Aster scaber* Thunb extracts. Extraction time was reduced considerably in MAE. When 70% methanol, 50% methanol, 70% ethanol, or 50% ethanol was used, no difference was found in the amount of soluble solid and total phenol between MAE and RE. The optimum microwave-assisted extraction conditions for *Aster scaber* Thunb were achieved by 120~150 watts of microwave energy and 4~8 minutes of extraction time. No significant changes were found in antioxidant activity using DPPH scavenging method over the variation of microwave power or extraction time. The use of diluted methanol or ethanol improved soluble solid content(30.8%), total polyphenol content(2.9%) and antioxidant activity(69%).

Key words : *Aster scaber* Thunb, microwave-assisted extraction, polyphenol content, antioxidant activity

서 론

최근 들어 인간의 수명이 증가하고 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 식품의 생리적 기능성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 야생하는 산채는 그 동안 영양적인 면이나 기호적인 면에서 중요성이 인식되지 않았으나 차나 채소류에서 항산화성, 항암성, 항진균성 등의 기능성이 알려짐에 따라 상용하던 식품뿐 아니라 야생산채에 대해서도 기능성의 측면에서 관심을 가지게 되었다. 참취(*Aster scaber* Thunb)는 넓은 잎을 특징으로 하는 취의 일종으로(1) 우리나라에서는 주로 나물의 형태로 섭취되고 있다. 여러 차류나 채소류의 경우 항산화성 등의 기능성을 가지는 것은 이들이 폴리페놀을 함유하고 있기 때문이라고 생각하고 있으며(2-7) 참취 역시 상당량의 폴리페놀을 함유하고 있을 것으로 예상된다. 따라서 참취에서도 항산화성 등의 기능성을 발견할 수 있을 것으로 기대되며 Ham 등(1)은 산채류의 항 돌연변이성 등을 보고한 바 있다.

지금까지 참취를 비롯한 산채류는 주로 나물의 형태로 섭

취되었으나 이들을 음료나 차의 형태로 가공한다면 보다 용이하게 기능성 성분을 섭취할 수 있으리라 생각한다. 또한 폴리페놀은 물이나 알코올에 잘 용해되므로(8) 가공식품으로 적용하기에 용이하며 기능성 식품으로의 가능성도 클 것으로 여겨진다. 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 식품의 추출방법으로 이용되어 왔으나 1회 추출하는데 2시간 이상의 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 추출 방법보다 추출효율이 높은 것으로 보고되고 있다(9-11).

따라서 본 연구에서는 기존에 널리 사용되어 온 환류냉각 추출방법과 마이크로웨이브 추출방법을 비교하고 참취를 추출하는데 있어서 적절한 마이크로웨이브 추출조건을 설정하고자 하였다. 이를 위하여 환류냉각 추출과 마이크로웨이브 추출방법을 사용하여 메탄올, 에탄올 및 물을 가지고 참취로부터 추출물을 얻고 각 추출방법에 따른 가용성 고형분

[†]Corresponding author. E-mail : hyunku@kfri.re.kr,
Phone : 82-31-780-9134, Fax : 82-31-780-9265

함량과 총 폴리페놀 함량을 비교하였다. 그리고 추출용매, 마이크로웨이브 에너지, 추출시간 등의 추출조건을 변화시켜가며 얻은 참취 추출물의 가용성 고형분 및 총 폴리페놀 함량을 측정하고 DPPH(α, α -diphenyl-picryl-hydrazyl)에 대한 전자공여능(electron donating ability)으로 항산화성을 조사하였으며 이들의 변화 양상으로부터 마이크로웨이브 추출공정의 최적 추출조건을 선정하고자 하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용한 참취는 경북 안동지역에서 재배된 것으로 90°C 물에서 2~3분간 처리한 후 60°C에서 건조하였다. 건조된 참취는 분쇄기(Osterizer, Sunbeam-oster company, Inc., USA)를 사용하여 약 20 mesh가 되도록 분쇄하였으며 분쇄된 시료의 수분함량은 3회 반복하여 측정한 결과, $7.07 \pm 0.39\%$ 이었다. 총 폴리페놀 함량의 측정에는 sodium tungstate (S-0765)와 phosphomolybdic acid(P-7390)가 사용되었으며 모두 Sigma사 제품이었다. 항산화력의 측정에 사용된 α, α -diphenyl-picryl-hydrazyl(DPPH, D-9132) 역시 Sigma사 제품이었으며 추출용매로는 메탄올과 에탄올이 사용되었으며 모두 특급 시약이었다.

추출방법

환류냉각 추출(RE) 방법은 냉간관이 부착된 heating mantle에서 실시하였으며 1회 추출시간은 2시간이었다. 마이크로웨이브 추출(MAE)에 사용된 추출장치는 Soxwave-100(Prolabo, France)으로 마이크로웨이브 에너지 강도를 30 W(watts) 단위로 최대 300 W까지 높일 수 있었으며 주파수는 2,450 MHz 이었다. RE와의 추출효율을 비교하기 위한 마이크로웨이브 추출은 밀폐형 추출관(closed extraction vessel)에서 120 W의 마이크로웨이브 에너지로 8분동안 수행하였다. 최적 마이크로웨이브 추출조건을 선정하기 위하여 마이크로웨이브 에너지의 경우 60~210 W로 추출시간의 경우는 1~15분으로 변화시키면서 추출하였다.

참취 추출물의 제조

RE와 MAE 추출방법 그리고 MAE 추출의 경우 마이크로웨이브 에너지, 추출시간을 변화시키면서 참취 추출물을 얻었으며 추출용매로는 물, 에탄올, 메탄올, 70% 에탄올 및 메탄올, 50% 에탄올 및 메탄올의 7가지가 사용되었다. 분쇄한 참취 2.5 g에 50 mL의 추출용매를 가하고 각 추출조건에 따라 추출한 후 Whatman No. 2 여과지를 사용하여 여과하였다. 여과한 후 남은 잔사에 다시 50 mL의 용매를 가하고 마

찬가지 방법으로 추출하고 여과하였다. 3회의 추출로 얻은 약 150 mL의 여과액을 40°C 이하에서 rotary vacuum evaporator (Rotavapor R-124, Buchi, Swizerland)를 사용하여 농축시키고 건조하였다. 여기에 물 50 mL를 가하여 참취 추출물로 하고 총 폴리페놀 함량과 항산화 작용의 측정에 사용하였다.

추출수율

각각의 추출조건에 의해 추출한 추출물을 회전감압증발기를 사용하여 농축시키고 105°C 건조 오븐(Forced convection oven, Jeico Tech, Korea)에서 건조한 후 항량이 되었을 때의 무게를 측정하였으며 2회 측정된 평균값을 건조 참취 100 g에 대한 solid 함량으로 나타내었다.

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 함량은 분석방법으로 널리 사용되고 있는 Folin-Denis방법(12)으로 측정하였으며, 각각의 추출조건에 따라 제조된 참취 추출물의 1/25 희석액을 사용하였다. 즉, 희석액 5 mL에 Folin reagent 5 mL을 가하고 3분간 정치한 다음 5 mL의 10% Na_2CO_3 용액을 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정치한 후 분광광도계(UV/VIS Spectrophotometer, Jasco, Japan)를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하고 (+)catechin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다. 각 추출물의 총 폴리페놀 함량은 2회 측정하고 그 평균값을 100 g 건조시료 중의 g(+)catechin 당량으로 나타내었다.

전자공여작용

전자공여작용은 Blois와 Kang 등(13, 14)의 방법에 따라 각 시료액의 DPPH에 대한 전자공여 효과(electron donating ability)로 시료액의 환원력을 측정하였으며 이때, 시료액은 각 추출조건에 따라 제조된 참취 추출물의 5배 희석액을 사용하였다. 즉, 희석액 0.2 mL에 99.9%의 에탄올에 용해한 4×10^{-4} M DPPH용액 0.8 mL, pH를 6.5로 조정된 0.1 M phosphate buffer 2 mL와 99.9% 에탄올 2 mL를 가하여 10초간 혼합하고 10분 후에 분광광도계를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여 효과는 2회 측정하여 그 평균값을 구하였으며 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 가용성 고형분과 총 폴리페놀 함량을 측정된 결과는

Table 1과 같다. Table 1에서처럼 대체로 MAE보다 RE 방법으로 추출했을 때 가용성 고형분 함량이 더 높은 것으로 나타났다. 즉, 물로 추출했을 때는 RE와 MAE 추출방법에 의하여 약 34.3% 및 28.1%의 가용성 고형분 함량을 보였고 메탄올 추출의 경우 각각 21.6% 및 15.5%로 추출방법에 의한 차이를 나타내었다. 또한, 에탄올로 추출하였을 때는 그 차이가 더욱 커서 각각 9.6% 및 5.2%의 가용성 고형분 함량을 나타내었다. 반면, 70%와 50% 메탄올 및 에탄올로 추출했을 경우에는 추출방법에 의한 가용성 고형분 함량의 차이는 적었으며 70% 메탄올과 에탄올로 추출하였을 때는 27~29%의 가용성 고형분 함량을 50% 메탄올과 에탄올로 추출한 경우 28~29%의 가용성 고형분 함량을 나타내었다. 이와 같이 추출용매에 따라 추출방법에 의한 가용성 고형분 함량의 차이 정도가 다른 것은 용매마다 유전상수(dielectric constant)가 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(10). 추출에 사용된 용매 중 물은 80 이상의 높은 유전상수를 가지며(15) 마이크로웨이브 가열 시 높은 에너지를 흡수하여 발열하므로 추출 대상 시료에 물의 함량이 높을수록 마이크로웨이브 에너지를 잘 흡수하여 추출효과가 커지게 되나 마이크로웨이브 에너지를 투과시키지 않으므로 추출용매로는 부적합하다. 따라서 본 실험에서 물을 추출용매로 하였을 경우 마이크로웨이브 에너지가 물에 흡수되어 시료에 적게 전달되었기 때문에 가용성 고형분의 추출효율이 감소하였을 것이라 생각한다. 이에 비하여 메탄올이나 에탄올은 유전상수가 20~30으로 물에 비하여 마이크로웨이브 에너지를 잘 투과시켜 에너지를 시료에 전달함으로써 추출용매로는 적합하였을 것이나 본 실험에서는 건조시료를 사용하였으므로 전달된 마이크로웨이브 에너지가 시료에 충분히 흡수되지 못하여 추출율이 감소하였을 것으로 여겨진다. 양파나 마늘 등의 생시료를 사용하여 2시간 이상의 용매추출과 8분간의 마이크로웨이브 추출방법으로 추출하고 얻은 추출물의 가용성 고형분 함량을 비교한 실험에서 두 가지 추출방법 간에 차이가 없었다고 하였다(16, 17). 따라서 본 실험에서도 생시료를 사용하였거나 건조시료를 습윤시킨 후 마이크로웨이브 추출을 하였다면 마이크로웨이브에 의한 추출율을 높일 수 있었을 것이라 생각한다. 추출용매에 의한 영향을 보면, 에탄올로 추출했을 때 가용성 고형분 함량이 가장 낮았으며 메탄올로 추출했을 때는 이의 2배 수준이었다. 그리고, 혼합용매 및 물로 추출했을 때 비교적 높은 가용성 고형분 함량을 나타내었으며 물의 비율이 높아짐에 따라 다소 가용성 고형분 함량이 증가하는 경향을 보였다.

Table 1. Soluble solid and total polyphenol contents of *Aster scaber* Thunb using the method of RE and MAE

Solvents	Soluble solid content ¹⁾		Total polyphenol content ²⁾	
	RE ³⁾	MAE ⁴⁾	RE	MAE
Distilled water	34.3	28.1	2.2	2.2
50% methanol	28.7	27.8	2.4	2.3
50% ethanol	27.6	27.5	2.2	2.2
70% methanol	26.7	26.9	2.3	2.1
70% ethanol	28.7	28.3	2.2	2.1
99% methanol	21.6	15.5	1.5	1.5
99% ethanol	9.6	5.2	0.3	0.3

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

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

³⁾ reflux extraction for 2 hrs.

⁴⁾ microwave-assisted extraction for 8 minutes at 120 watts of microwave energy.

총 폴리페놀 함량의 경우에는 가용성 고형분 함량과 비교했을 때 추출방법에 의한 차이가 더 적었으며 에탄올과 메탄올을 제외하고 추출방법에 의한 차이는 거의 없었다. 인삼으로부터 8시간씩 5회 추출하는 기존 추출방법과 동일한 온도와 용매조건에서 추출시간을 2분에서 8분으로 변화시키며 마이크로웨이브 추출방법으로 추출했을 때, 가용성 고형분은 기존의 추출방법에서 더 높았으나 인삼의 유효성분인 조사포닌의 경우 마이크로웨이브 추출 시 더 높다(18)고 하여 본 실험과 같은 결과를 보였다. Pare 등(15)은 전체 고형분보다 폴리페놀과 같은 목적성분을 추출하는데 있어서 마이크로웨이브 추출이 더 효과적이라고 하였다. Pare 등(15)은 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 0.3% 수준으로 가장 낮았고 메탄올로 추출했을 때는 이보다 5배이상 높은 1.5% 수준이었으며 물 및 혼합용매로 추출했을 때는 2.2~2.5%의 총 폴리페놀 함량을 나타내었다. 이성과 같이 RE와 MAE 추출물을 비교한 결과, 70% 또는 50% 메탄올과 에탄올 혼합용매를 사용한 경우, 8분 동안의 마이크로웨이브 추출에 의해 2시간의 환류 냉각 추출에서와 비슷한 수준의 가용성 고형분 및 총 폴리페놀 함량을 갖는 추출물을 얻는 것으로 나타났다.

마이크로웨이브 추출조건에 따른 추출물 특성 변화

마이크로웨이브 에너지를 변화시키기에 따라 에탄올 및 메탄올 농도별로 용매를 달리하면서 가용성 고형분 함량의 변화를 측정한 결과는 Fig. 1과 같다. 마이크로웨이브 에너지를 증가시키기에 따라 가용성 고형분 함량이 서서히 증가하다

가 물과 에탄올로 추출했을 때를 제외하고는 대체로 150 W에서 평형에 도달하였다. 물과 에탄올 추출용매로 하였을 경우 증가율이 크지는 않았지만 실험조건에서 계속적으로 고형분 함량이 증가하는 경향을 보였고 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 에너지로 추출했을 때 시료에 충분히 마이크로웨이브를 전달하지 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 가용성 고형분 함량이 가장 낮아서 7.4%였고 메탄올로 추출하였을 때는 이의 약 2배인 13.4% 수준이었으며 혼합용매 및 물로 추출했을 때는 30.8% 수준이었다. 마이크로웨이브 에너지 강도를 변화시키면서 총 폴리페놀 함량을 측정하였을 때 역시 Fig. 2에서처럼 마이크로웨이브 강도를 증가시키기에 따라서 서서히 총 폴리페놀 함량이 증가하였으며 가용성 고형분 함량보다 더 낮은 에너지 수준인 120 W에서 평형에 도달하였다. 이때 에탄올로 추출했을 때의 총 폴리페놀 함량은 0.5%로 낮았고 메탄올로 추출했을 때는 1.5%이었으며 물 및 혼합용매로 추출했을 경우 2.9%이었다. 폴리페놀의 경우 가용성 고형분 보다 더 낮은 에너지 수준에서 추출평형에 도달한 것 역시, 마이크로웨이브 추출이 전체 고형분보다 폴리페놀과 같은 목적성분을 추출하는데 효과적이라는 것을 보여주는 것이라 하겠다. 항산화 효과의 경우에는 Fig. 3에서와 같이 마이크로웨이브 강도에 의한 영향을 적게 받는 것으로 나타났으며 마이크로웨이브 에너지에 따른 항산화효과의 변화는 보이지 않았다. 용매에 따라서는 에탄올로 추출했을 때 전자공여효과가 약 35%인 것을 제외하고는 모두 추출용매에서 62~69%로 추출용매에 의한 차이는 없었다. 총 폴리페놀 함량의 경우 메탄올 추출물과 혼합용매 추출물 또는 물 추출물이 2배 이상의 차이를 보인 것과 달리 항산화효과에 있어서는 서로 비슷한 수치를 보였다. 이러한 결과는 참취가 폴리페놀 외에 메탄올에 녹는 다른 항산화 물질을 가지고 있거나 참취가 가지고 있는 여러 폴리페놀 화합물 가운데 에탄올보다 메탄올이나 다른 혼합용매에 더 많이 용해되는 성분이 항산화력과 더 직접적으로 관련이 있을 가능성을 보여주는 것이라 하겠다. Kang 등(14)은 여러 페놀성 화합물(phenolic compound)의 전자공여 작용 및 아질산염 소거작용을 측정한 결과 화합물마다 아질산염 소거능이나 전자공여능에 있어서 차이를 나타내었다고 하였다. 참취의 경우에도 추출용매에 따라 용해되는 폴리페놀

화합물의 종류와 양이 달랐을 것이며 이것이 참취 추출물의 항산화능에 영향을 주었을 것으로 생각한다.

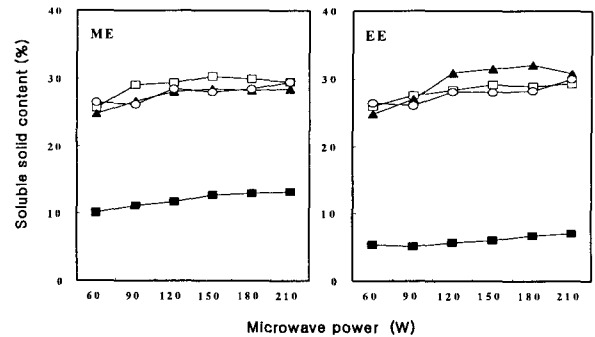


Fig. 1. Change of soluble solid content of *Aster scaber* Thunb extracted with different microwave energy. Extraction time was 10 minutes. ME is extraction with different methanol concentration and EE is extraction with different ethanol concentration.

■ : 99%, □ : 70%, ▲ : 50%, ○ : 0%.

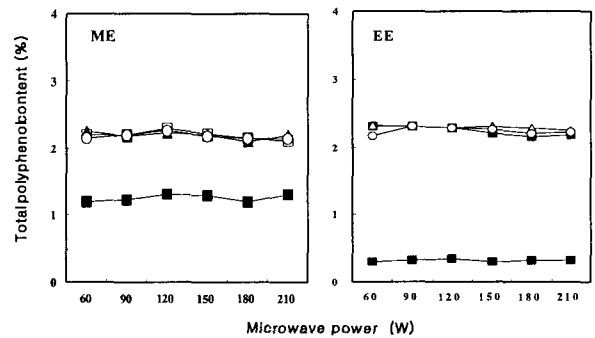


Fig. 2. Change of total polyphenol content of *Aster scaber* Thunb extracted with different microwave energy.

■ : 99%, □ : 70%, ▲ : 50%, ○ : 0%.

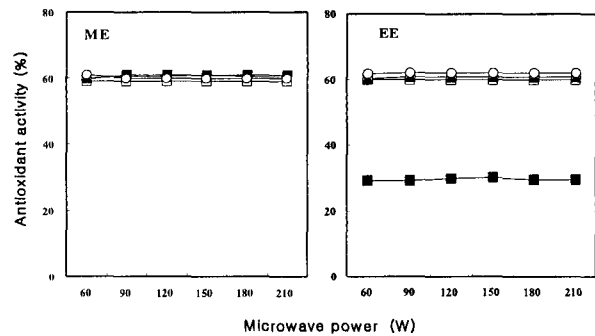


Fig. 3. Change of antioxidant activity with DPPH scavenging method of *Aster scaber* Thunb extracted with different microwave energy.

■ : 99%, □ : 70%, ▲ : 50%, ○ : 0%.

추출시간을 달리하면서 참취 추출물의 가용성 고형분 함량, 총 폴리페놀 함량 및 항산화력의 변화를 살펴 본 결과는 Fig. 4~6과 같았다. 1분에서 2분으로 추출시간을 증가시켰을 때 가용성 고형분 함량의 변화는 작았고 2분에서 4분 사이에 급격히 증가하였으며 8분 이상으로 추출시간을 증가 시켜도 더 이상의 증가는 없었다. 그러나 물과 에탄올로 추출했을 때는 추출시간 15분 까지도 증가율은 작았지만 계속적으로 가용성 고형분의 함량이 증가하는 경향을 나타내었고 마이크로웨이브 에너지를 변화시켰을 때와 마찬가지로 추출시간에 의한 영향을 많이 받는 것으로 나타났다. 총 폴리페놀 함량의 경우에는 가용성 고형분 함량보다 더 빠른 3분 또는 4분에서 총 폴리페놀 함량의 증가는 없었으며 항산화력의 경우 마이크로웨이브 에너지를 변화시켰을 때와 마찬가지로 추출시간에 의한 영향은 거의 보이지 않았다. 즉, 추출시간을 1분에서 2분으로 증가시켰을 때 약간 항산화력이 증가하였을 뿐 1~15분의 실험조건에서는 거의 변화가 없었다.

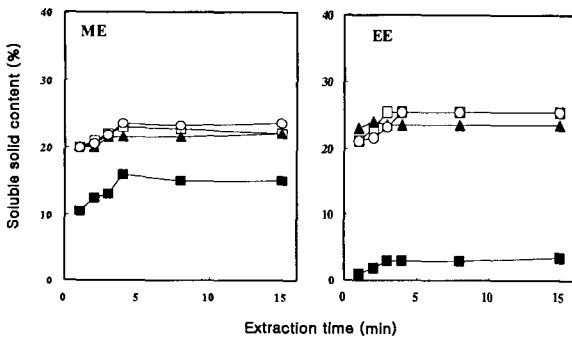


Fig. 4. Change of soluble solid content of *Aster scaber* Thunb extracted with different extraction time. Microwave energy was 150 watts. -■- : 99%, -□- : 70%, -▲- : 50%, -○- : 0%.

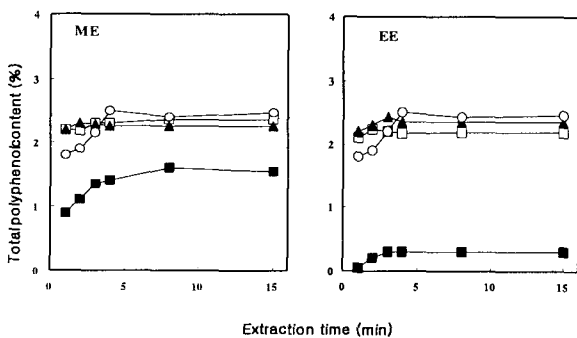


Fig. 5. Change of total polyphenol content of *Aster scaber* Thunb extracted with different extraction time. -■- : 99%, -□- : 70%, -▲- : 50%, -○- : 0%.

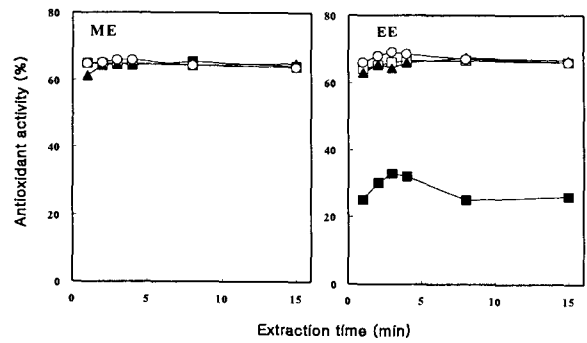


Fig. 6. Changes of antioxidant activity with DPPH scavenging method of *Aster scaber* Thunb extracted with different extraction time. -■- : 99%, -□- : 70%, -▲- : 50%, -○- : 0%.

요 약

마이크로웨이브 추출방법과 환류 냉각 추출방법을 비교한 결과, 물과 에탄올의 혼합용매로 추출한 경우 마이크로웨이브 추출 방법에 의하여 추출시간을 단축시키면서 환류 냉각 추출 방법에서와 같은 수준의 가용성 고형분 및 총 폴리페놀 함량을 갖는 참취 추출물을 얻을 수 있었다. 마이크로웨이브 추출시 최적 마이크로웨이브 에너지는 120~150 W 였고 추출시간은 4~8분이 적당하였다. 추출에 사용한 용매들 가운데 에탄올, 메탄올 보다 물 그리고 물과 에탄올 또는 메탄올 혼합용매를 사용한 추출물의 가용성 고형분, 총 폴리페놀 함량 및 항산화 효과가 높은 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Ham, S.S., Lee, S.Y., Oh, D.H., Jung, S.W., Kim, S.H., Chung, C.K. and Kang, I.J. (1998) Antimutagenic and antigenotoxic effects of *Ligularia fischeri* extracts. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 27, 745-750
2. Al-saikhan, M.S., Howard, L.R. and Miller, J.C. Jr. (1995) Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum*, L.). J. Food Sci., 60, 341-343
3. Azuma, K., Nakayama, M., Koshioka, M., Ippoushi, K., Yamaguchi, Y., Kohata, K., Yamauchi, Y., Ito, H. and Higashio, H. (1999) Phenolic antioxidants from the leaves of *corchorus olitorius* L. J. Agric. Food Chem., 47, 3963-3966
4. Camir, M.E. and Dougherty, M.P. (1998) Added phenolic compounds enhance lipid stability in extruded corn. J. Food

- Sci., 63, 516-518
5. Kahkonen, M.P., Hopia, A.I., Vourela, H.J., Rauha, J.P., Pihlaja, K., Kujala, T.S. and Heinonen, M.J. (1999) Antioxidant activity of plant extracts containing phenolic compounds. *J. Agri. Food Chem.*, 47, 3954-3962
 6. Lee, J. and Lee, S.R. (1994) Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 26, 317-323
 7. Lin, Y.L., Juan, I.M., Chen, Y.L., Liang, Y.C. and Lin, J.K. (1996) Composition of polyphenols in fresh tea leaves and associations of their oxygen-radical-absorbing capacity with antiproliferative actions in fibroblast cells. *J. Agric. Chem.*, 44, 1387-1394
 8. Kim, N.M., sung, H.S. and Kim, W.J. (1993) Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 25, 204-209
 9. Giese, J. (1992) Advances in microwave food processing. *Food Technol.*, 46, 118-123
 10. Pare, J.R.J., Belanger, M.R. and Stafford, S.S. (1994) Microwave-assisted process(MAPTM): a new tool for the analytical laboratory. *Trends in Analytical Chemistry*, 13, 176-184
 11. Schiffmann, R.F. (1992) Microwave processing in the U.S. food industry. *Food Technol.*, 46, 50-56
 12. AOAC. (1985) *Official method of analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington D. C.
 13. Blois, M.S. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1200
 14. Kang, Y.H., Park, Y.K. and Lee, G.D. (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 28, 232-239
 15. Pare, J.R.J., Sigoun, M. and Lapointe, J. (1991) Microwave-assisted natural products extraction. US Patent 5,002,784
 16. Kim, H.K., Kwon, Y.J., Kwak, H.J. and Kwon, J.H. (1999) Oleoresin content and functional characteristics of fresh garlic by microwave-assisted extraction. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 31, 329-335
 17. Kwon, Y.J., Kwon, J.H. and Kim, H.K. (1999) Oleoresin content and functional properties of fresh onion by microwave-assisted extraction. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 28, 876-881
 18. Lee, S.B. (1997) Optimization of extraction conditions for soluble ginseng components using microwave extraction system. Thesis, Kyungpook National University, Taegu, Korea

(접수 2004년 2월 3일, 채택 2004년 3월 5일)