

새송이버섯의 항산화성 추출물 제조를 위한 마이크로웨이브 추출조건 설정

오현인¹ · 임태수¹ · 이기동² · 김현구^{1*}

¹한국식품연구원

²경북과학기술대학교 발효건강식품과/대구신기술사업단 전통생물소재산업화센터

Establishment of Microwave-Assisted Extraction Conditions for Antioxidative Extracts from *Pleurotus eryngii*

Hyun-In Oh¹, Tae-Soo Lim¹, Gee-Dong Lee² and Hyun-Ku Kim^{1*}

¹Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea

²Dept. of Fermentation and Health Food, Kyongbuk College of Science/DG-Traditional Bio-materials Industry Center, Daegu 704-230, Korea

Abstract

Through the application of a microwave-assisted extraction, the aim of study was to investigate the extraction conditions for the total yield, electron donating ability, total polyphenol contents and nitrite scavenging effect from *Pleurotus eryngii*. This experiment was conducted under the following extraction conditions: the microwave power (60, 90, 120 W), sample to solvent ratio (1:50, 1:20, 1:10), extraction time (1, 5, 10, 15 mins), and extractant like water, 50% EtOH and 99% EtOH. During the increase of microwave power ranging from 60 to 120 W, the maximized effective components were obtained when the microwave power was set at 60 W. By decreasing the ratio down to 1:10 (g/mL), the extraction of effective components but not total yield was the highest at 1:10 (g/mL). As going up to 15 min, the maximum extraction of effective components was achieved at 1 min for the extraction time and was little affected at over 5 min. In conclusion, the most appropriate conditions for the extraction of effective compounds from *Pleurotus eryngii* were as follows: the microwave power at 60 W, 1:10 of the sample to solvent ratio, extraction time at 1 min and water as the extractant.

Key words: *Pleurotus eryngii*, microwave-assisted extraction, polyphenol content, electron donating ability, nitrite scavenging ability

서 론

최근 식생활의 서구화로 인하여 여러 가지 성인병이 문제 시 되고있어 소비자들은 건강을 위한 저열량 식품이나 기능성 식품에 대한 관심이 증대되고 있다. 그래서 예전부터 식용했던 채소류, 약재 등 천연식품의 생리적인 효능이 알려지면서 이들을 이용하여 생체 내 면역반응이나 항암효능에 관한 연구가 국내외에서 활발하게 이루어지고 있다(1-4). 버섯은 낮은 지방함량에 의한 저칼로리 식품이면서 단백질, 비타민 및 각종 무기성분이 풍부할 뿐 아니라 여러가지 효능으로 인하여 건강식품으로서의 각광을 받고 있다(5). 특히 새송이버섯(*Pleurotus eryngii*)은 떡갈나무와 벚나무에 자생하는 주름버섯목 느타리과에 속하는 담자균 버섯으로 당질, 단백질, 비타민, 무기질 등의 영양소가 풍부(6)할 뿐 아니라 노화억제와 항암작용(7), 대장암 세포증식억제(8), 혈당강하(9) 등의 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 이런 영양학적 성분과 효능을 가진 새송이버섯을 나물의 형태로 섭취하기보다

새송이버섯의 유용성분을 추출하여 음료나 차의 형태로 가공하거나 건강식품으로 개발한다면 새송이버섯의 부가가치를 높게 되어 농가에 좋은 소득원이 될 것이다. 특히 새송이버섯의 유용성분 중 항산화성 물질인 폴리페놀은 물이나 알코올에 잘 용해되어(10) 가공식품에 이용하기 용이하며 기능성 식품으로의 제품화 가능성이 클 것으로 생각한다. 가공 시 추출방법의 선택이 중요한데 현재 스팀증류법, 고온용매추출법 등의 전통적인 방법과 최근 실용화되고 있는 초임계유체추출법(supercritical fluid extraction, SFE)이 이용하고 있다. 그러나 전통적인 방법은 수율이 낮고 열에 민감한 성분이 분해되어 나오는 점과 추출용매의 소요량이 많은 단점을 가지고 있고 초임계유체추출법은 비용이 많이 드는 단점을 가지고 있다(11,12). 이러한 단점들을 보완하는 방법으로 마이크로웨이브 에너지를 이용한 다양한 연구들이 진행되고 있다(13,14).

따라서 새송이버섯의 부가가치를 높이기 위한 방안으로 가공 및 건강식품을 위한 새송이버섯의 항산화성분을 최대한

*Corresponding author. E-mail: hyunku@krfi.re.kr
Phone: 82-31-780-9134. Fax: 82-31-709-9876

추출하기 위해 총 폴리페놀함량, 전자공여작용, 아질산염 소거작용 등을 고려한 마이크로웨이브 추출조건을 설정하였다.

재료 및 방법

실험재료

새송이버섯(*Pleurotus eryngii*) 유용성분의 추출실험에 사용된 시료는 가락시장에서 구입하여 실험에 사용하였다. 각 시료는 깨끗이 수세한 후 0.5 cm의 크기로 절단하여 45°C 온도에서 열풍 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄기(Kaiser, KFN-400S, 킹스톤기전(주), 한국)를 사용하여 0.5 mm이하의 크기로 분쇄한 후 0.2 mm PE film에 밀봉 포장하여 -20°C 저장하면서 실험에 사용하였다. 항산화력 측정에 사용된 α , α -diphenyl-picrylhydrazyl(DPPH, D9132)은 Sigma사 제품이었고 총 폴리페놀 함량의 표준용액으로 사용한 (+)catechin(C1251) 역시 Sigma사 제품이었다. 그리고 추출용매로 사용한 에탄올은 특급시약이었다.

추출방법

본 실험에 사용된 마이크로웨이브 추출장치는 2,450 MHz 주파수에 programmable power(max.250 W)와 time control이 가능하고 환류냉각관이 장치된 상압형 마이크로파 추출장치(MAP, Soxwave-100, Prolabo, France)를 사용하였다. 시료의 마이크로웨이브 추출방법은 위의 특성을 지닌 본 추출장치를 이용하여 추출조건 설정에 따라 실험하였다. 추출물은 추출한 다음 여과하여 회전 감압 증발기(Rotavapor R-123, Buchi, Swizerland)로 감압 농축하였다. 그리고 총 부피를 20 mL로 맞춘 다음 추출물의 수율과 추출물에 함유된 유용성분의 함량 측정에 사용하였다.

추출조건 설정 실험

새송이버섯의 항산화 성분 추출을 위한 실험조건을 설정하기 위해 에너지 용량(W), 추출용매비(W/V) 및 추출시간(min)을 각각 달리하여 실시하였다. 에너지 용량 조건에 따른 실험에서 에너지용량을 60, 90, 120 W으로 하여 용매에 대한 시료의 양과 추출시간을 각각 1:20(g/mL)와 5 min으로 설정하여 실시하였다. 추출시간에 따른 실험에서는 추출시간을 1, 5, 10, 15 min으로 설정하여 에너지 용량 90 W, 용매에 대한 시료의 양 1:20(g/mL)으로 실시하였다. 용매에 대한 시료 비율에서는 건조한 새송이버섯 시료를 1:50, 1:20, 1:10(g/mL)의 비율로 사용하여 에너지 용량 90 W, 추출시간 5 min으로 추출하였다. 각 조건별에 따른 추출물을 얻어 추출수율, 전자공여작용, 총 폴리페놀 함량, 아질산염 소거작용의 변화를 측정하였다.

추출수율 측정

추출조건에 따라 추출한 추출액을 회전 감압 증발기를 이용하여 감압 농축한 후 105°C 건조 오븐(Forced convection oven, Jeico Tech, Korea)에서 항량이 될 때까지 건조한 후

무게를 측정하여 추출액 조제에 사용한 원료 건물량에 대한 고형분 함량을 수율(yield, %)로 나타내었다.

전자공여작용의 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 Kang 등(15)의 방법을 변형하여 각각의 추출물에 대한 DPPH(α , α -diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 추출물 0.2 mL에 4×10^{-4} M DPPH용액(99% 에탄올에 용해) 0.8 mL, 0.1 M phosphate buffer(pH 6.5) 2 mL와 99% 에탄올 2 mL을 가하여 총액의 부피가 5 mL가 되도록 하였다. 이 반응액을 약 10초간 혼합하고 실온에 10분 방치한 후 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, Japan)를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여효과는 추출물의 첨가 전·후의 차이를 백분율로 나타내었다.

총 폴리페놀 함량의 측정

총 폴리페놀 함량(total polyphenol content)은 분석방법으로 널리 사용되고 있는 Folin-Denis방법(16)으로 측정하였으며, 각각의 추출조건에 따라 제조된 추출물의 1/2 희석액을 사용하였다. 즉, 희석액 5 mL에 Folin reagent 5 mL을 가하고 3분간 정지한 다음 5 mL의 10% Na_2CO_3 용액을 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정지한 후 분광광도계를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하고 (+)catechin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

아질산염 소거작용의 측정

아질산염 소거작용(nitrite scavenging effect)은 Gray와 Dugan(17)의 방법으로 측정하였다. 즉, 1 mM 아질산나트륨 용액 1 mL에 각각의 추출물을 2 mL을 가하고 여기에 0.1 N 염산(pH 1.2) 및 0.2 N 구연산 완충용액(pH 3.0, 4.2 및 pH 6.0)을 7 mL 가하여 반응용액의 pH를 각각 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0으로 달리하여 반응용액의 부피를 10 mL로 하였다. 이를 37°C에서 1시간 동안 반응시킨 다음 반응액을 1 mL씩 취하고 여기에 2% 초산 5 mL, Griess 시약(acetic acid에 1% sulfanylic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시켜 15분간 실온에서 방치시킨 후 분광 광도계를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염량을 구하였다. 그리고 대조구는 Griess 시약 대신 증류수 0.4 mL를 가하여 상기와 동일하게 행하였다. 아질산염 소거작용은 추출액 첨가전후의 아질산염 백분율로 표기하였다.

통계처리

통계처리는 SPSS 10.0 for windows program을 사용하여 각각의 시료에 대해 평균±표준편차로 나타내었으며, 각 군에 따른 유의차 검증은 분산분석(ANOVA, analysis of variance)과 Duncan의 다중검증법(DMRT, Duncan's multiple range test)(18)으로 유의성을 검증하였다.

결과 및 고찰

에너지 용량의 영향

새송이버섯의 항산화성 관련 성분에 대한 추출실험에서 에너지 용량별에 따른 유용성 성분의 추출에 미치는 영향을 알아보기 위해 에너지 용량을 60, 90, 120 W으로 구분하였다. 그리고 시료 대 용매비를 1:20(g/mL)로 고정하고 물, 50% 에탄올, 99% 에탄올을 용매로 사용하여 5분간 추출실험을 실시하였다.

에너지 용량에 따른 추출수율은 Fig. 1에서와 같이 60 W에서 90 W로 에너지를 증가했을 때 감소했다가 120 W로 증가시켰을 때 다시 증가하였다. 추출용매에 따른 추출물의 추출수율은 물>50% 에탄올>99% 에탄올 순서로 크게 나타났다. Fig. 1에서와 같이 추출물의 전자공여작용에 대한 에너지 용량에 대한 영향을 보면 60 W일 때 가장 높았고 에너지 용량을 증가시킬수록 감소하는 경향을 보였다. 그러나 에너지 용량이 증가할수록 전자공여작용의 감소 경향은 용매에 따라 다르게 나타났다. 즉 물을 용매로 사용하였을 때

유의적인(p<0.05) 감소 차이를 보였다. 그러나 50% 에탄올과 99% 에탄올을 용매로 사용했을 때는 에너지 용량에 따라 유의적인 차이를 보이지 않았다. 에너지 용량에 상관없이 용매에 따라 전자공여작용을 살펴보면 물>50% 에탄올>99% 에탄올 순서로 높은 값을 나타내었고 물과 50% 에탄올에서 추출했을 때보다 99% 에탄올에서 추출했을 때 현저하게 낮은 전자공여작용을 보였다. 또한 에너지 용량이 60 W일 때 가장 높은 값을 보이는 경향은 추출물의 총 폴리페놀 함량, 아질산 소거작용에서도 동일하게 나타났다(Fig. 1). 총 폴리페놀 함량 및 아질산염 소거작용에서는 물을 용매로 사용하였을 경우 60 W일 때 값이 가장 높았고 90 W에서 120 W로 증가시켰을 때는 유의적인 차이가 없었고 50% 에탄올, 99% 에탄올을 용매로 사용하였을 경우에는 에너지 용량에 따라 유의적인(p<0.005) 차이를 보이지 않았다. 또한 용매에 따라서는 물을 용매로 사용하였을 때 가장 높은 값을 보였고 그 다음은 50% 에탄올>99% 에탄올 순서로 나타났다. 이 결과는 Kim 등(19)이 섬썩부쟁이의 추출물이 물 추출물보다 에탄올 추출물에서 폴리페놀함량과 전자공여작용이 더 높았

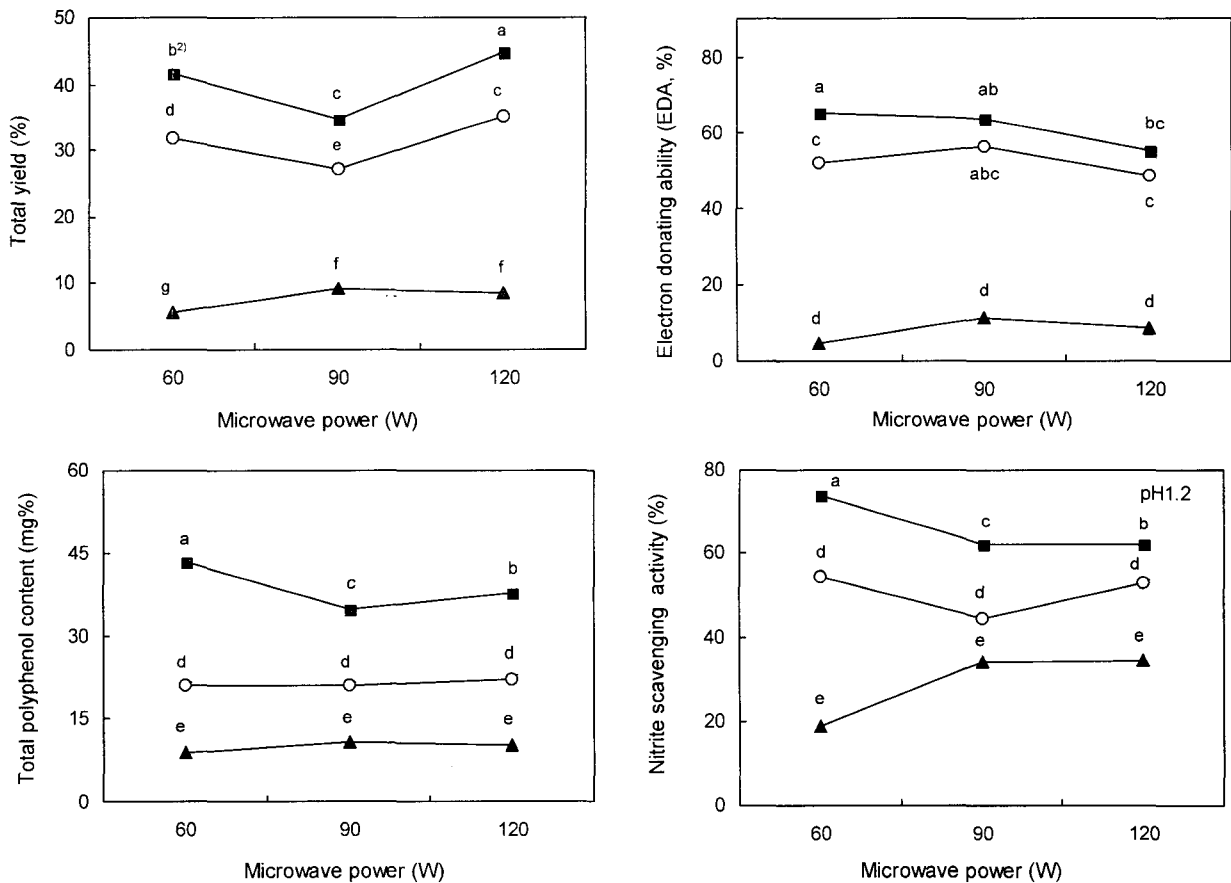


Fig. 1. Effect of sample to solvent ratio on total yield, total polyphenol contents, electron donating abilities and nitrite scavenging activity of *Pleurotus eryngii*¹⁾ in MAE.

—■—: Water, —○—: 50% EtOH, —▲—: 99% EtOH.

¹⁾MAE was performed each for 5 min and 90 W on mixture composed of 2.5 g and 50 mL of solvent.

²⁾All values are expressed as mean ± SD of triplicate determinations. Means with the same lettered superscripts in a same row are not significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test.

다는 보고와 대조적인 경향을 보였다. 에너지 용량별로 유용성 성분의 추출에 미치는 영향을 알아본 결과 에너지 용량을 60 W로 하고 물을 용매로 추출했을 때 가장 높은 값을 나타내었다.

용매비의 영향

시료 대 용매비의 변화에 따른 새송이버섯 추출물의 특성에 미치는 효과를 실험하였다. 이 실험에서는 에너지 용량과 추출시간을 각각 90 W와 5 min으로 고정시켰다. 그리고 용매에 대한 시료비율은 1:50, 1:20, 1:10(g/mL)로 다르게 하여 각각 물, 50% 에탄올, 99% 에탄올 용매를 사용하여 추출하였다. 이와 같은 방법으로 얻어진 새송이버섯의 추출물에 대한 유용성 성분은 Fig. 2에 나타내었다. 새송이버섯의 용매별 추출액에 대한 추출수율은 시료 대 용매비가 1:50일 때 가장 높은 값을 보였고 용매비가 감소할수록 낮은 값을 보였다. 이런 경향은 물, 50% 에탄올, 99% 에탄올에서 동일하게 나타났다. 또한 용매에 따른 추출수율을 살펴보았을 때 시료에 대한 용매비 1:50, 1:20, 1:10(g/mL) 모두에서 물을 용매로 사용하였을 때 가장 높은 추출수율을 보였고 그 다음

은 50% 에탄올 > 99% 에탄올 순서로 나타났다. 추출수율과는 달리 추출물의 전자공여작용, 총 페놀함량, 아질산염 소거작용에 대한 용매비의 영향은 용매비를 감소할수록 유의적($p < 0.05$)으로 증가하였으며 시료 대 용매비가 1:10일 때 가장 높은 값을 보였다. 이러한 용매비가 감소함에 따라 각 유용성분의 증가 경향은 물과 50% 에탄올을 사용하였을 때 모두 현저하게 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 99% 에탄올을 용매로 사용하였을 때는 총 폴리페놀 함량과 전자공여작용에서는 거의 변화가 없었고 아질산염 소거작용에서는 완만한 증가를 보였다.

추출물에 있어서 유용성분을 최대한으로 추출하기 위한 용매비의 영향을 살펴보면 용매를 물로 사용하였을 때 가장 높은 값을 보였고 추출수율을 제외한 전자공여작용, 총 폴리페놀 함량, 아질산염 소거작용에서 용매비 1:10(g/mL)에서 유의적($p < 0.05$)으로 가장 높은 값을 보였다. 이와 같은 결과는 Noh 등(13)이 양배추의 용매비에 따른 추출물 중 1:10(g/mL)의 경우 가장 효율적이라는 보고와 일치하는 경향을 보였다. 이 모든 결과를 고려하였을 때 새송이버섯의 유용성분 추출

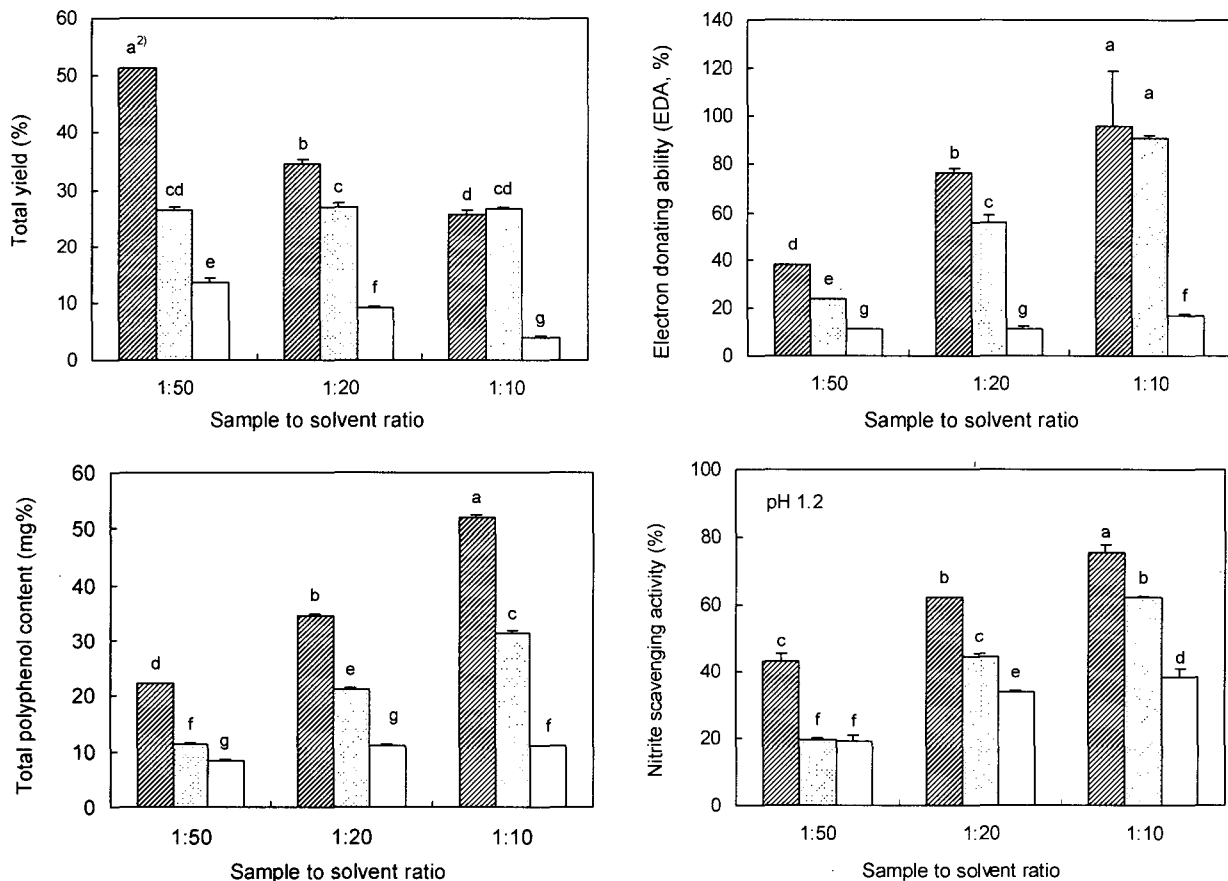


Fig. 2. Effect of microwave power on total yield, total polyphenol contents, electron donating abilities and nitrite scavenging activity of *Pleurotus eryngii*¹⁾ in MAE.

▨: Water, ▤: 50% EtOH, □: 99% EtOH.

¹⁾MAE was performed each for 5 min and 90 W on mixture composed of 2.5 g and 50 mL of solvent.

²⁾All values are expressed as mean \pm SD of triplicate determinations. Means with the same lettered superscripts in a same row are not significantly different at $\alpha = 0.05$ level by Duncan's multiple range test.

에 미치는 용매비의 조건은 1:10(g/mL)의 용매비와 물을 용매로 하였을 때 가장 적당한 것으로 나타났다.

추출시간의 영향

마이크로웨이브를 이용한 새송이버섯의 추출물에서 추출 시간에 따라 유용성분의 추출특성에 미치는 효과를 비교하였다. 이때 추출조건은 에너지용량 90 W, 시료 대 용매비 1:20(2.5 g/50 mL)으로 고정하였고 추출시간을 1~15 min 동안 증가시키면서 추출물을 얻었다. 그리고 물, 50% 에탄올, 99% 에탄올을 용매로 하여 실험하였다. Fig. 3은 추출수율에 대한 추출시간의 영향을 나타내었다. 물을 용매로 하여 1분 동안 추출했을 때 추출수율은 가장 높은 값을 보였다가 5분으로 연장하였을 때 급격하게 낮아졌다. 그리고 5분 이후에는 다시 아주 완만한 증가를 보였다. 그러나 50% 에탄올과 99% 에탄올에서는 추출시간이 증가함에 따라 아주 완만하게 증가하였다. 추출용매에 따른 영향을 살펴보면 물>50% 에탄올>99% 에탄올의 순으로 높은 수율을 보여주었다. 추출시간에 따른 총 폴리페놀 함량과 아질산염 소거작용은 Fig. 3에서 알 수 있듯이 수율과 유사한 경향을 보여주었다.

추출용매에 따른 영향 역시 물>50% 에탄올>99% 에탄올 순서로 수율에서 나타난 경향과 동일하였다. 그러나 전자공여작용은 1분에서 15분 동안 추출시간이 증가함에 따라서 유의적(p<0.05)으로 증가하는 값을 보여주었다(Fig. 3). 용매에 따른 영향은 다른 유용성분에서와 마찬가지로 물>50% 에탄올>99% 에탄올 순서를 보여주었다. 이 결과는 Kim 등(20)이 마늘의 물 추출물이 에탄올 추출물보다 높은 전자공여작용을 나타낸다고 보고한 결과와 유사하게 물 추출물에서 높은 유용성 성분이 추출되었다. 총 폴리페놀 함량과 아질산염 소거작용은 추출수율과 비슷한 결과를 보였다. 1분 동안 추출하였을 때 가장 높은 값을 보였다가 5분으로 연장하였을 때 급격하게 낮아졌다. 5분 이후에는 거의 일정한 값을 보였다. 용매에 따른 영향은 수율, 전자공여작용, 총 폴리페놀 함량, 아질산염 소거작용 모두 물>50% 에탄올>99% 에탄올의 순서를 보였다. 이 모든 결과를 고려하였을 때 추출시간의 경과에 따른 용매의 영향을 종합적으로 살펴보면 물을 용매로 하였을 때 추출시간에 영향을 가장 많이 받은 것으로 나타났으며 50% 에탄올과 99% 에탄올에서는

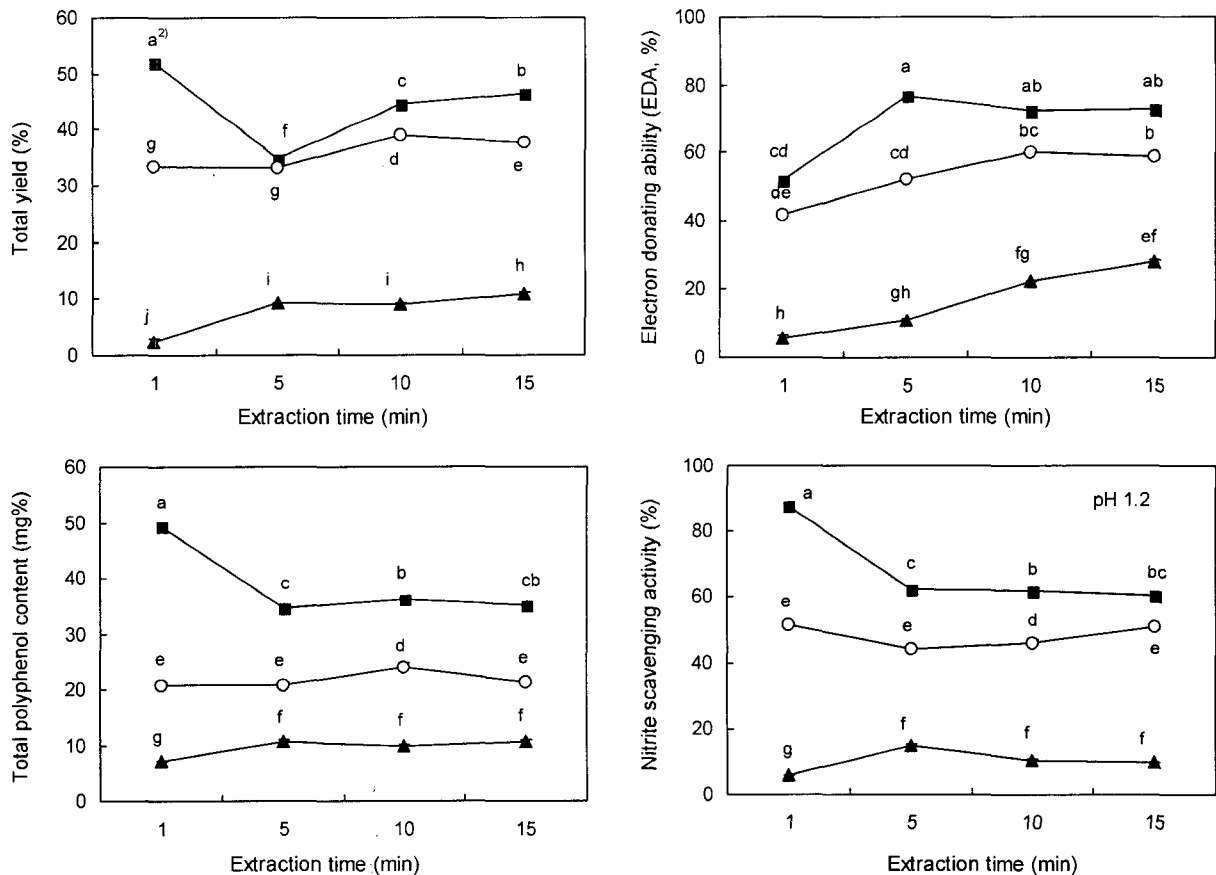


Fig. 3. Effect of extraction time on total yield, total polyphenol contents, electron donating abilities and nitrite scavenging activity of *Pleurotus eryngii*¹⁾ in MAE.

—■—: Water, —○—: 50% EtOH, —▲—: 99% EtOH.

¹⁾MAE was performed for 5 min on mixture composed of 2.5 g and 50 mL of solvent.

²⁾All values are expressed as mean±SD of triplicate determinations. Means with the same lettered superscripts in a same row are not significantly different at $\alpha=0.05$ level by Duncan's multiple range test.

시간경과에 따라 완만한 증가를 보였다. 그러나 물에서 가장 높은 값을 보이는 이러한 결과는 Kim 등(19)이 추출용매의 유전상수가 추출물에 대한 마이크로웨이브 에너지 흡수 및 가열 특성에 영향을 주기 때문에 에탄올에서 더 높은 값을 보인다는 결과와 상이한 결과를 보여주었다. 이것은 추출용매 이외에도 추출시간의 다른 요인이 복합적으로 작용하기 때문인 것으로 생각되었다. 이상의 결과에서 새송이버섯의 마이크로웨이브 추출물은 에너지 용량, 시료 대 용매비, 추출시간에 뚜렷하게 영향을 받는 것으로 나타났다. 마이크로웨이브 사용시 짧은 시간에서 물을 용매로 사용하여 항산화 성분들을 효율적으로 추출할 수 있었고 장시간 사용에서는 에탄올 사용이 용이한 것으로 나타났다.

요 약

새송이버섯의 부가가치 이용방안 연구의 일환으로 마이크로웨이브 추출을 이용하여 새송이버섯의 추출수율, 전자공여작용, 총 폴리페놀 함량 및 아질산염 소거작용의 효율적인 추출조건을 설정하고자 하였다. 에너지 용량(60, 90, 120 W), 시료 대 용매비(2, 5, 10 g/100 mL) 및 추출시간(1, 5, 10, 15 min)에 따라 물, 50% 에탄올과 99% 에탄올을 용매로 사용하여 추출하였다. 에너지 용량을 60~120 W로 증가시키면 따라 각 추출물의 항산화성 성분들은 60 W에서 가장 높은 값을 보였고 90 W에서 평형에 이르러 변화하지 않았다. 시료 대 용매비를 1:5에서 1:10으로 감소시키면 따라 추출수율을 제외한 각 추출물의 유용성분들은 1:10에서 가장 높았다. 추출시간의 영향에서 전자공여작용을 제외하고는 1분에서 가장 높은 값을 보였다. 5분 이상의 추출시간에서는 거의 영향을 받지 않았다. 전자공여작용은 추출시간이 증가함에 따라 높은 값을 보였다. 추출용매의 영향에서는 물>50% 에탄올>99% 에탄올 순서로 높은 값을 보였다. 따라서 에너지 용량, 시료 대 용매비, 추출시간을 각각 60 W, 1:10(g/mL), 1 min으로 설정하여 물을 용매로 사용하였을 경우 새송이버섯의 항산화 성분을 최대 추출할 수 있는 적당한 추출조건이었다.

문 헌

1. Lee JY, Hwang WI, Lim ST. 1998. Effect of *Platycodon grandiflorum* DC extract on the growth of cancer cell lines. *Korean J Food Sci Technol* 30: 13-21.
2. Melo PS, Justo GZ, Duran N, Haun M. 2004. Natural killer cell activity and anti-tumour effects of dehydrocrotonin and its synthetic derivatives. *Eur J Pharmacol* 487(1-3): 47-54.
3. Kiviharju TM, Lecane PS, Sellers RG, Peehl DM. 2002. Antiproliferative and proapoptotic activities of triptolide (PG490), a natural product entering clinical trials, on primary cultures of human prostatic epithelial cells. *Clin Cancer Res* 8: 2666-2674.
4. Kim YS, Kim MN, Kim WI, Lee JH. 1994. The effect of hot water-extract and flavor compounds of mugwort on microbial growth. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 994-1000.
5. Jeong CH, Shim KH. 2004. Quality characteristics of sponge cakes with addition of *Pleurotus eryngii* mushroom powders. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 716-722.
6. Pamela M, Loretta G, Stefania M, Vittorio V, Laura P. 1999. Nutrients in edible mushrooms: An inter-species comparative study. *Food Chemistry* 65: 477-482.
7. Guillen F, Munoz C, Gomez-Toribio V, Martinez AT, Jesus Martinez M. 2000. Oxygen activation during oxidation of methoxyhydroquinones by laccase from *Pleurotus eryngii*. *Appl Environ Microbiol* 66: 170-175.
8. Hwang YJ, Nam HK, Kim SH. 2003. Effect of *Lentinus edodes* and *Pleurotus eryngii* extracts on proliferation and apoptosis in human colon cancer cell lines. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 31: 217-222.
9. Kang TS, Kang MS, Lee SY. 2001. Effect of *Pleurotus eryngii* on the blood glucose and cholesterol in diabetic rats. *Korean J Mycology* 29: 86-90.
10. Kim NM, Sung HS, Kim WJ. 1993. Effect of solvents and some extraction conditions on antioxidant activity in cinnamon extracts. *Korean J Food Sci Technol* 25: 204-209.
11. Kwon YJ, Kim KH, Kim HK. 2002. 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.
12. Pare JRJ, Blanger JMR, Stafford MR. 1994. Microwave-assisted process: a new tool for the analytical laboratory. *Trends Anal Chem* 13: 176-184.
13. Noh JG, Choi YK, Kim HK, Kwon JH. 2005. Pre-establishment of microwave-assisted extraction conditions for antioxidative extracts from cabbage. *Korean J Food Preserv* 12: 62-67.
14. Lee SB, Lee GD, Kwon JH. 1999. Optimization of extraction conditions for soluble ginseng components using microwave extraction system under pressure. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 28: 409-416.
15. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232-239.
16. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239-243.
17. Gray JI, Dugan Jr LR. 1975. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J Food Sci* 40: 981-984.
18. Duncan DB. 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics* 11: 1-42.
19. Kim HK, Kwon YJ, Kim KH, Jeong YH. 2000. Changes of total polyphenol content and electron donating ability of *Aster glehi* extracts with different microwave-assisted extraction conditions. *Korean J Food Sci Technol* 32: 1002-1028.
20. Kim HK, Kwon YJ, Kwak KH, Kwon JH. 2000. Oleoresin content and functional characteristics of fresh garlic. *Korean J Food Sci Technol* 31: 329-3358.

(2005년 10월 13일 접수; 2005년 12월 12일 채택)