

반응표면분석에 의한 팽이버섯의 microwave 추출조건 최적화

김현구* · 김미옥 · 최광음 · 김공환¹
한국식품개발연구원, ¹아주대학교 화학 · 생물공학부

Optimization of Microwave Extraction Conditions for *Flammulina velutipes* by Response Surface Methodology

Hyun-Ku Kim*, Mi-Ok Kim, Mal-gum Choi and Kong-Hwan Kim¹

Korea Food Research Institute

¹Division of Chemical Engineering and Biotechnology, Ajou University

Optimum extraction conditions for yield, browning color, electron-donating ability, nitrite-scavenging effect, total polyphenol content, and tyrosinase-inhibitory activity of *Flammulina velutipes* were determined using response surface methodology through central composite design. Yield of *F. velutipes* was affected by ethanol concentration, and browning color improved more with the increase of ethanol concentration than microwave power. Nitrite-scavenging effect was improved with increasing ethanol concentration and decreasing microwave power. Electron-donating ability and total polyphenol content were improved with increasing ethanol concentration and microwave power. Tyrosinase-inhibitory effect increased more with decrease in microwave power than with ethanol concentration. The optimal range of extraction conditions for effective component of *F. velutipes* were 47.21~76.05 watt of microwave power, 10.25~43.56% of ethanol concentration, and 5.72 min of extraction time.

Key words: *Flammulina velutipes*, microwave extraction conditions, response surface methodology (RSM)

서 론

담자균류 주름버섯목(Agaricales) 송이과(Tricholomataceae)에 속하는 팽이버섯(*Flammulina velutipes*)은 독특한 맛과 향, 질감을 갖고 있어 국, 찌개, 전골, 잡채 등에 폭 넓게 사용되고 있다⁽¹⁾. 팽이버섯은 winter mushroom이라고도 알려져 있는데 이는 팽이버섯의 자실체가 4~12°C의 저온에서 발생되며 자연상태에서는 11~4월 사이의 겨울철에 발생하는 것에 기인한다⁽²⁾. 팽이버섯은 일본에서 에노키다케라고 불리우며 저온성 버섯으로서 분포지역 중 특히 아시아에서 많이 재배되고 있다⁽³⁾. 영양학적으로는 펠수아미노산, 식이 섬유, 비타민, 무기질의 좋은 공급원이 되며 비타민 B₁, B₂, niacin, folic acid 및 ergosterol도 다량 함유되어 있다⁽⁴⁾. 당질은 주로 trehalose등의 당류와 mannitol, arabitol등의 당알코올 형태이며 특히 팽이버섯 특유의 단백질 다당류는 항암 성분으로 알려져 있다⁽⁵⁾. 또한 동맥경화 예방과 항암성 작용 등의 생리작용을 나타내는 taurine의 함량이 다른 버섯에 비해 높다⁽⁶⁾.

팽이버섯은 농촌진흥청 농업과학기술연구소에서 재배법을 확립하여 농가 보급 품종으로 선정한 농가 버섯재배 고소득 품목으로 유망한 버섯이나 현재 그 유용성분 등 식품소재화에 대한 연구는 미비한 실정이다. 특히 버섯이 지닌 생리적 효과는 영지, 양송이, 표고 등⁽⁷⁻⁹⁾의 버섯에서만 알려져 있을 뿐 팽이 버섯의 항암효과, 항균작용, 혈당강하작용, 항산화작용 그리고 다당류의 면역증강작용 등 다양한 생리효능이 기대되고 있으나, 그 효능 및 식품소재화에 대한 연구는 거의 이루어진바 없다. 본 연구에서는 팽이버섯의 식품소재화를 목적으로 항산화 활성성분 추출 기술 개발을 위한 추출물의 특성 및 반응표면 분석에 의한 최적 추출 조건을 선정하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 실험에 사용한 팽이버섯(*Flammulina velutipes*)은 가락시장에서 구입하여 깨끗이 수세한 후 세척하여 사용하였다. 추출 용매로는 water, 50% ethanol, 99% ethanol을 사용하였으며 마이크로웨이브 추출법(microwave-assisted extraction, MAE)으로 추출하였다.

*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: 82-31-780-9234
E-mail: hyunku@kfri.re.kr

Table 1. Extraction conditions based on experimental design for extraction from *Flammulina velutipes* by microwave-assisted extraction (MAE)

X _i	Extraction condition	Level				
		-2	-1	0	1	2
X ₁	Microwave power (watt)	0	60	90	120	150
X ₂	Ethanol concentration (%)	0	25	50	75	100
X ₃	Extraction time (min)	1	3	5	7	10

MAE 장치 및 추출조건

마이크로웨이브 추출은 450 MHz의 주파수에 programmable power(max. 250 watts), time control 등이 가능하고 환류 냉각관이 장치된 microwave(Soxwave, prolabo, USA)를 사용하였으며, 에너지 용량(watts), 추출시간(min) 및 시료 대 용매비(ratio)에 따른 추출을 실시하였다. 추출은 상압에서 실시하였으며 밀폐형 추출관을 사용하였다.

추출조건의 예비설정

추출조건의 예비설정에 필요한 기초실험으로서 microwave power별, 추출용매별, 추출시간별, 시료대 용매비(1:10, 1:5, 1:2.5)에 따른 추출효율을 확인하여 추출조건 최적화 실험의 기본조건으로 활용하였다.

추출조건의 최적화를 위한 중심합성 실험계획

팽이버섯의 마이크로웨이브 추출조건의 최적화를 위하여 예비 실험조건을 바탕으로 표면반응분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하였으며, 실험계획은 중심합성계획(central composite design)^(10,11)을 적용하였다. 표면반응분석법은 여러개의 설명변수(독립변수)가 복합적인 작용을 함으로써 반응변수(종속변수)에 영향을 주고 있을 때, 이러한 반응의 변화가 이루는 반응표면에 대한 통계적인 분석방법으로, 본 실험에서는 추출공정의 독립변수(X_i)로 microwave power(X₁), 추출용매(X₂), 추출시간(X₃)에 대한 실험범위를 선정하여 시료별로 각각 5단계로 부호화(Table 1)하여 중심합성계획에 의해 16개 군의 추출조건을 각각 설계하였으며, Table 2는 팽이버섯의 추출조건을 나타내었다. 각 조건에서 얻어진 추출물의 품질특성(종속변수, Y_n)을 3회 반복으로 측정하여 각각 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석에 의한 최적조건의 예측은 SAS(statistical analysis system) program을 이용⁽¹²⁾하였고, 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 추출특성의 모니터링과 최적조건범위 예측은 각 종속변수의 contour map과 3차원 반응표면을 이용하여 분석하였다.

추출물의 품질 특성

수율(Yield)은 추출액을 회전 감압 증발기(Rotavapor R-123, Buchi, Switzerland)로 감압 농축한 후 건조오븐(Forced convection oven, Jeico Tech, Korea)을 이용하여 향량이 될 때까지 건조하였으며 추출액 조제에 사용한 원료 건물량에 대한 고형분 수율(% , d.b.)로 나타내었다. 또한 추출액은 감압 농축한 후 증류수로 0.5배 희석하여 폴리페놀 함량, 전자공여작용, tyrosinase 저해작용, 아질산염 소거작용 및 갈색도를

측정하는데 사용하였다.

총폴리페놀의 함량(total polyphenol content)은 Folins-Denis 법⁽¹⁶⁾에 의해 비색정량하였고, (+)catechin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 구하였다.

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 강⁽¹⁷⁾ 등의 방법을 변형하여 각각의 추출물에 대한 DPPH(α, α -diphenyl-picrylhydrazyl)의 전자공여효과로 각 시료의 환원력을 측정하였다.

Tyrosinase 저해 효과 측정은 Wong⁽¹⁸⁾ 등의 방법에 따라 측정하였으며, mushroom tyrosinase 조효소액을 이용하여 단위 시간당 변화된 초기 흡광도의 변화값을 측정하였다.

아질산염 소거효과(nitrite-scavenging effect)는 Gray⁽¹⁹⁾ 등의 방법에 따라 측정하였으며, 아질산나트륨 용액을 이용하여 반응액의 pH를 각각 1.2, 3.0, 4.2, 6.0으로 달리하여 측정하였다.

갈색도는 분광광도계를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다.

최적 추출조건의 예측

조건별 각 추출물의 최적 추출조건 예측은 품질특성에 대한 contour map superimposing 했을 때 중복되는 부분의 범

Table 2. Central composite design by RSM computer program for the optimization of extraction conditions for extraction from *Flammulina velutipes* by microwave-assisted extraction (MAE)

Experimental number ¹⁾	Microwave power (Wt)	Ethanol conc. (%)	Extraction time (min)
1	60 (-1)	25 (-1)	3 (-1)
2	60 (-1)	25 (-1)	7 (1)
3	60 (-1)	75 (-1)	3 (-1)
4	60 (-1)	75 (-1)	7 (1)
5	120 (1)	25 (-1)	3 (-1)
6	120 (1)	25 (-1)	7 (1)
7	120 (1)	75 (1)	3 (-1)
8	120 (1)	75 (1)	7 (1)
9	90 (0)	50 (0)	5 (0)
10	90 (0)	50 (0)	5 (0)
11	0 (-2)	50 (0)	5 (0)
12	150 (2)	50 (0)	5 (0)
13	90 (0)	0 (-2)	5 (0)
14	90 (0)	100 (2)	5 (0)
15	90 (0)	50 (0)	1 (-2)
16	90 (0)	50 (0)	10 (2)

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design.

Table 3. Effect of microwave power, extraction time and sample to solvent ratio in MAE on yield, total polyphenol content, electron donating ability and tyrosinase inhibitory effect of *Flammulina velutipes*

		Extraction solvent	Yield (% , d.b)	Total polyphenol content (mg %)	Electron donating ability (%)	Tyrosinase inhibitory effect (%)
Microwave power (watt) ¹⁾	60	water	38.46	3.41	28.72	12.54
		50% ethanol	36.65	3.67	25.03	17.39
		99% ethanol	34.94	2.86	26.38	21.54
	90	water	44.27	3.50	30.59	18.75
		50% ethanol	43.79	2.90	28.44	22.55
		99% ethanol	40.75	2.56	29.21	32.35
	120	water	46.46	3.17	30.43	35.21
		50% ethanol	44.08	2.88	27.27	42.78
		99% ethanol	41.41	2.51	29.50	56.41
Extraction time (min) ²⁾	1	water	37.51	1.140	22.12	3.51
		50% ethanol	35.22	2.41	20.96	8.34
		99% ethanol	33.51	2.59	21.35	11.12
	2	water	43.70	1.55	24.41	7.54
		50% ethanol	42.65	3.53	22.78	11.51
		99% ethanol	38.08	2.91	23.53	19.31
	5	water	44.27	3.50	30.59	18.75
		50% ethanol	43.79	2.90	28.44	22.55
		99% ethanol	40.75	2.56	29.21	32.35
	10	water	51.12	3.54	31.89	21.42
		50% ethanol	50.27	3.38	30.57	25.89
		99% ethanol	46.08	3.10	31.40	32.27
	15	water	51.98	3.28	32.06	21.45
		50% ethanol	50.65	3.74	31.49	25.96
		99% ethanol	46.55	3.82	31.52	32.31
Sample to solvent ratio ³⁾	1 : 10	water	39.67	0.14	23.41	1.58
		50% ethanol	38.38	0.36	20.55	3.16
		99% ethanol	37.14	0.14	20.23	3.68
	1 : 5	water	40.45	1.64	25.88	4.79
		50% ethanol	39.62	1.42	23.84	5.85
		99% ethanol	39.17	0.94	23.41	7.32
	1 : 2.5	water	44.27	3.50	30.59	18.75
		50% ethanol	43.79	2.90	28.44	22.55
		99% ethanol	40.75	2.56	29.21	32.35

¹⁾MAE was performed for 5 min on mixture composed of 20 g and 50 mL of solvent.

²⁾MAE was performed for 90 W on mixture composed of 20 g and 50 mL of solvent.

³⁾MAE was performed for 90 W, 5 min on mixture composed of sample (5~20 g) and 50 mL of solvent.

위에서 최적 추출조건 범위를 설정하였다. 또한 예측된 범위에서 임의의 중심점을 최적조건으로 예측하고, 각 회귀식에 대입하여 예측값을 설정하였다.

결과 및 고찰

추출물의 품질 특성 및 추출공정 최적화

Microwave 추출조건 최적화를 위하여 microwave power 별, 추출용매별, 추출시간별, 시료대 용매비에 따른 추출효율을 확인하여 추출조건 예비설정 에 필요한 기초실험을 실시하였으며, 그 결과에 따른 예비실험 조건을 바탕으로 중심합성계획을 실시하였다(Table 3, 4).

중심합성계획에 의한 16구의 추출조건 품질특성으로 수율, 전자공여작용, 총 폴리페놀 함량, tyrosinase 저해작용, 갈색도, 아질산염 소거작용을 3회 반복 실시하고 평균값을 Table 5에 나타내었다. 이들 결과를 이용하여 회귀분석을 실시하였으며 각 요인변수에 따른 반응변수들 즉, 수율(Y_1), 전자공여작용(Y_2), 총 폴리페놀 함량(Y_3), tyrosinase 저해작용(Y_4), 아질산염 소거작용(Y_5), 갈색도(Y_6)에 대한 회귀식과 반응표면 분석에 의해 최적추출조건을 예측하였다. 이들 회귀식에서 요인변수들 중 상수가 가장 낮은 변수 즉, 영향이 가장 작은 것으로 나타난 추출시간(extraction time)을 5.7분으로 고정하여 반응표면을 나타내었다(Fig. 1).

추출조건별 팽이버섯 추출물의 수율, 갈색도, 전자공여능,

Table 4. Effect of microwave power, extraction time and sample to solvent ratio in MAE on nitrite-scavenging effect of *Flammulina velutipes*

	Extraction solvent	pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.0		
Microwave power (watt) ¹⁾	60	water	35.41	11.89	9.57	8.18	
		50% ethanol	26.12	6.21	5.24	4.15	
		99% ethanol	28.54	6.95	5.41	4.38	
	90	water	39.54	14.25	11.24	9.27	
		50% ethanol	31.41	7.48	6.97	5.98	
		99% ethanol	32.54	8.53	7.31	6.21	
	120	water	44.51	17.21	13.27	11.25	
		50% ethanol	37.51	9.26	7.96	7.17	
		99% ethanol	39.47	9.78	8.58	7.51	
Extraction time (min) ²⁾	1	water	35.41	8.57	7.21	6.25	
		50% ethanol	27.69	5.12	4.15	3.65	
		99% ethanol	28.98	5.84	4.79	4.01	
	2	water	36.17	10.76	8.16	7.74	
		50% ethanol	28.54	7.12	5.53	4.92	
		99% ethanol	31.14	7.32	6.53	5.25	
	5	water	39.54	14.25	11.24	9.27	
		50% ethanol	31.41	7.48	6.97	5.98	
		99% ethanol	32.54	8.53	7.31	6.21	
	10	water	42.14	18.25	13.85	9.95	
		50% ethanol	32.54	9.18	8.68	8.20	
		99% ethanol	34.38	10.72	8.49	7.35	
	15	water	48.51	22.08	17.40	14.35	
		50% ethanol	34.29	12.35	9.35	8.78	
		99% ethanol	36.78	15.41	9.51	8.21	
	sample to solvent ratio ³⁾	1 : 10	water	5.88	2.64	1.83	1.01
			50% ethanol	8.63	4.28	3.08	2.33
			99% ethanol	10.43	10.32	8.59	7.47
1 : 5		water	18.27	6.50	5.65	4.63	
		50% ethanol	19.45	7.02	6.59	5.27	
		99% ethanol	19.53	8.44	7.15	6.10	
1 : 2.5		water	39.54	14.25	11.24	9.27	
		50% ethanol	31.41	7.48	6.97	5.98	
		99% ethanol	32.54	8.53	7.31	6.21	

¹⁾MAE was performed for 5 min on mixture composed of 20 g and 50 mL of solvent.

²⁾MAE was performed for 90 W on mixture composed of 20 g and 50 mL of solvent.

³⁾MAE was performed for 90 W, 5 min on mixture composed of sample (5~20 g) and 50 mL of solvent.

아질산염 소거작용, 총 폴리페놀함량, tyrosinase 저해작용 등에 대한 회귀식의 유의성과 회귀분석에 의한 정상점(stationary point)을 예측하였다(Table 6). 수율의 변화에서 회귀식의 R²는 0.9066으로 5%의 수준에서 유의성이 인정되었다. 반응표면분석을 통하여 예측된 정상점은 74.03%로 예측되었으며, 이때 요인변수인 추출조건은 microwave power 26.91 watt, 에탄올 농도 27.72%, 추출시간 2.69분이었다. 팽이버섯의 전자공여작용 및 총 폴리페놀 함량의 변화에서 회귀식의 R²는 각각 0.8322, 0.8611로 10%의 수준에서 유의성이 인정되었다. 반응표면분석을 통하여 예측된 정상점은 각각 40.82% 및 29.91 mg%로 예측되었으며, 이때 요인변수인 추출조건은 전자공여작용 및 총 폴리페놀함량에서 각각 microwave power

54.66 watt 및 87.45 watt, 에탄올 농도 83.29% 및 99.30%, 추출시간 7.39분 및 5.43분이었다. 또한 추출조건에 따른 갈변도, 아질산염 소거작용, tyrosinase 소거작용에 대한 팽이버섯 추출물에 대한 회귀식 및 R²는 각각 0.2759, 0.6720, 0.3859로 매우 낮았으며 유의성이 인정되지 않았다.

팽이버섯 추출물의 반응표면(Fig. 1)에서 볼 때, 고형분 수율의 변화는 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받았으며, microwave power, 추출시간의 순으로 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉, 에탄올 농도가 낮은 범위에서는 microwave power의 증가에 따라 조금씩 증가하였으나 고농도의 범위에서는 microwave power의 증가에 따라 증가폭이 크게 나타났다. 이상의 결과에서 볼 때 microwave로 추출할 때 추출 수율은

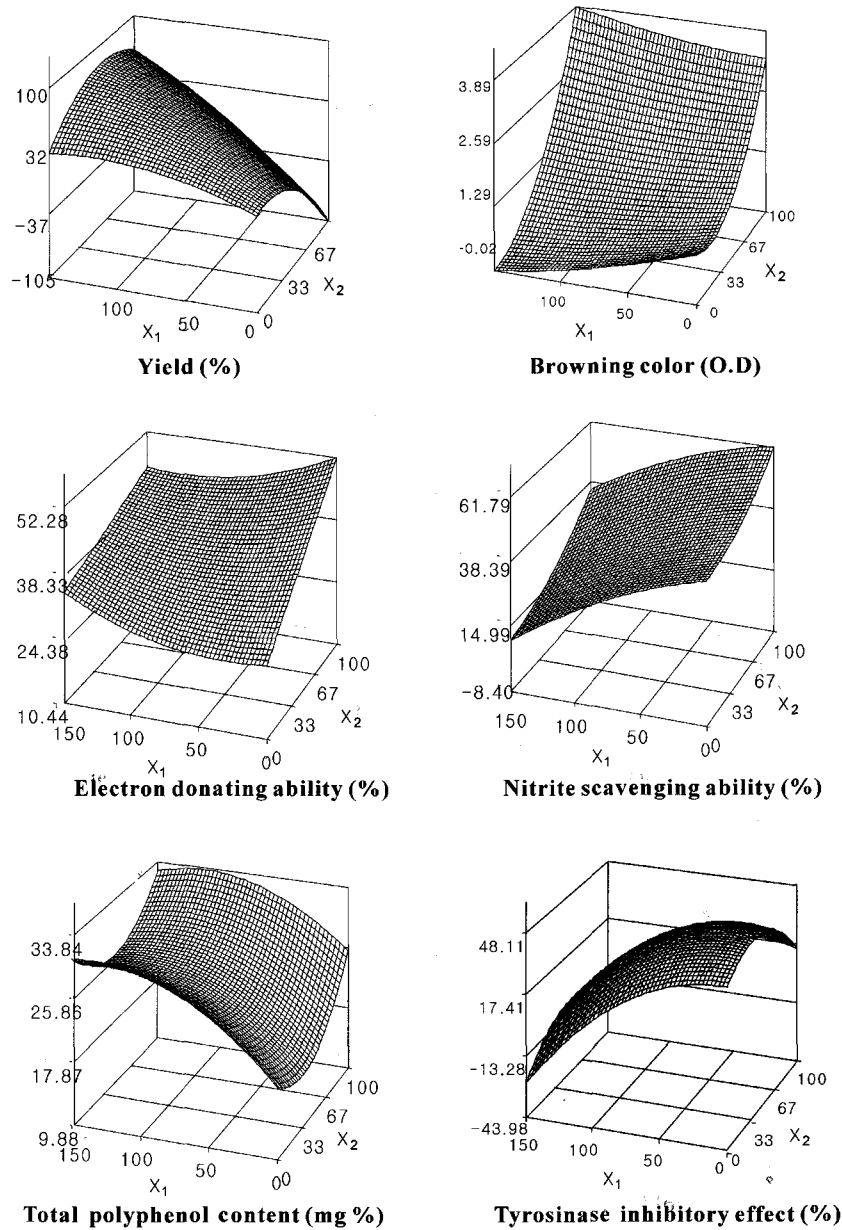


Fig. 1. Response surface for the effects of extraction conditions on yield, browning color, electron donating ability, nitrite scavenging activity, total polyphenol content and tyrosinase inhibitory effect of *Flammulina velutipes* by microwave-assisted extraction.

X_1 : microwave power (watt), X_2 : ethanol concentration (%).

에탄올 농도에 영향을 가장 크게 받는데, 이러한 결과는 Park 등⁽²⁰⁾의 보고에서와 같이 천연물의 에탄올 추출시 에탄올 농도가 수율에 가장 큰 영향을 미친다는 결과와 유사한 경향이였다. 그리고 반응표면에 나타난 여러 가지 생리활성의 추출특성을 살펴보면, 갈변도의 경우 microwave power보다는 에탄올 농도에 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며 아질산염 소거작용의 경우 에탄올 농도가 증가할수록, microwave power가 감소할수록 조금씩 증가하는 경향이였다. 전자공여작용의 경우 에탄올 농도가 증가할수록 증가폭이 컸고, microwave가 증가할수록 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 총 폴리페놀 함량의 경우 에탄올 농도가 증가할수록, microwave power가 클수록 추출물의 생리활성이 우수한 것으로 나타났으며, tyrosinase 저해작용의 경우 에탄올 농도보다는 micro-

wave power에 영향을 받았으며, microwave power가 작을수록 그 값은 크게 측정되었다. 따라서 추출효율 및 대부분의 생리활성들이 에탄올 농도에 크게 영향을 받는 것으로 나타나, 에탄올 농도가 천연물 추출시 중요한 공정인자임을 확인할 수 있었다.

최적 추출조건의 예측

MAE(microwave-assisted extraction) 추출법에 의한 팽이버섯의 추출조건을 최적화하기 위하여 추출물의 특성인 수율(Y_1), 전자공여작용(Y_2), 총 폴리페놀 함량(Y_3), tyrosinase 저해작용(Y_4), 아질산염 소거작용(Y_5), 갈색도(Y_6) 등의 contour map을 superimposing 하여 최적 추출조건 범위를 예측하였다. Fig. 2.에서와 같이 반응표면이 중복된 부분의 범위는 추

Table 5. Experimental data on yield, electron donating ability, total polyphenol content, inhibitory effect of tyrosinase activity, nitrite-scavenging ability (in pH 1.2) and browning color of *Flammulina velutipes* extracted by MAE under conditions based on central composite design for response surface analysis

Experimental number ¹⁾	Yield (%)	Electron donating ability (%)	Total polyphenol content (mg%)	Inhibitory effect of tyrosinase activity (%)	Nitrite-scavenging ability (%)	Browning color (O.D)
1	60.33	17.65	17.00	44.71	18.45	0.239
2	49.54	23.22	20.98	25.78	19.61	0.221
3	32.69	34.10	24.15	22.64	11.75	1.123
4	14.94	36.40	26.15	31.46	19.34	1.498
5	33.45	26.51	19.90	46.43	28.61	0.530
6	46.07	27.27	23.69	34.29	16.62	0.244
7	22.67	37.16	25.87	56.00	23.93	1.648
8	47.47	39.65	28.10	18.18	16.78	1.925
9	56.08	29.95	18.91	46.67	25.41	0.436
10	54.83	33.90	19.36	49.64	27.54	0.525
11	42.99	30.10	11.15	24.00	10.06	0.467
12	32.24	36.35	21.01	23.21	25.26	0.589
13	31.75	25.94	22.64	27.87	16.40	0.597
14	10.23	36.98	27.80	24.07	40.00	2.260
15	30.72	31.54	23.97	25.00	22.86	0.557
16	54.71	35.75	24.20	37.29	39.44	0.907

¹⁾The number of experimental condition by central composite design.

Table 6. The second order polynomials for yield, browning color, electron donating ability, nitrite scavenging activity, total polyphenol content, tyrosinase inhibitory effect of *Flammulina velutipes* extracted by MAE under different conditions of power, ethanol concentration and extraction time

Responses	Second order polynomials	R ²	Significance
Yield	$Y_1 = 106.647071 - 0.78005X_1 + 0.111226X_2 - 6.491980X_3 + 0.008810X_1X_2 + 0.137417X_1X_3 + 0.013050X_2X_3 - 0.002492X_1^2 - 0.012560X_2^2 - 0.45442X_3^2$	0.9066	0.0170
Browning color	$Y_1 = 2.080840 - 0.002051X_1 - 0.055572X_2 - 0.139696X_3 + 0.000106X_1X_2 - 0.000763X_1X_3 + 0.002390X_2X_3 + 0.000020127X_1^2 + 0.000381X_2^2 + 0.011297X_3^2$	0.2759	0.9673
Electron donating ability	$Y_1 = 9.816624 + 0.060389X_1 + 0.2970114X_2 + 0.512386X_3 - 0.001100X_1X_2 - 0.009625X_1X_3 - 0.003850X_2X_3 + 0.000610X_1^2 + 0.000079858X_2^2 + 0.106795X_3^2$	0.8322	0.0796
Nitrite scavengin activity	$Y_1 = 10.746456 + 0.466967X_1 - 0.499249X_2 + 0.125459X_3 + 0.000408X_1X_2 - 0.058104X_1X_3 + 0.028175X_2X_3 - 0.000689X_1^2 - 0.001749X_2^2 + 0.422505X_3^2$	0.6720	0.3636
Total polyphenol content	$Y_1 = 11.865947 + 0.176252X_1 - 0.048189X_2 - 0.905513X_3 - 0.000323X_1X_2 + 0.000083333X_1X_3 - 0.008850X_2X_3 - 0.000646X_1^2 + 0.002041X_2^2 + 0.159253X_3^2$	0.8611	0.0491
Tyrosinase inhibitory effect	$Y_1 = -32.039628 + 0.858083X_1 + 0.478556X_2 + 11.090405X_3 + 0.001642X_1X_2 - 0.083021X_1X_3 + 0.005175X_2X_3 - 0.002934X_1^2 - 0.006905X_2^2 - 0.455379X_3^2$	0.3859	0.8839

출물의 품질특성(반응변수, Y₁~Y₆)을 대상으로 하였을 경우 microwave 47.21~76.05 watt, 에탄올 농도 10.25~43.56%, 추출시간 5.72 분(Table 7)이었다.

요 약

팽이버섯 추출물의 수율 및 전자공여작용, 총폴리페놀함량, tyrosinase 저해작용, 갈색도, 아질산염 소거작용에 대하여 반응표면분석에 의해 추출조건을 최적화 하였다. 팽이버섯 추

출물의 수율변화는 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받았으며, 갈변도는 microwave power 보다는 에탄올 농도에 크게 영향을 받는 것으로 나타났으며, 아질산염 소거작용의 경우 에탄올 농도가 증가할수록, microwave power가 감소할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 전자공여작용의 경우 에탄올 농도가 증가할수록 증가폭이 컸고, microwave가 증가할수록 조금씩 증가하는 경향을 보였다. 총 폴리페놀 함량의 경우 에탄올 농도가 증가할수록, microwave power가 클수록 추출물의 생리활성이 우수한 것으로 나타나 에탄올 농도가 추출시 중

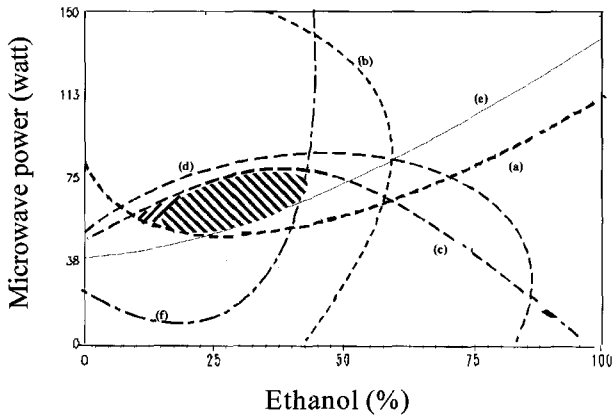


Fig. 2. Superimposing contour map of optimized conditions for yield, electron donating ability (EDA), total phenolics, inhibitory effect of tyrosinase activity, nitrite-scavenging effect and browning color of *Flammulina Velutipes* as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time (5.72 min) by microwave-assisted extraction.

(a): yield, (b): electron donating ability (EDA), (c): total phenolics, (d): inhibitory effect of tyrosinase activity, (e): nitrite-scavenging effect, (f): browning color.

Table 7. Optimum extraction conditions for maximum responses of yield, electron donating ability (EDA), total phenolics, inhibitory effect of tyrosinase activity, nitrite-scavenging effect and browning color of *Flammulina Velutipes* by superimposing their contour maps

Extraction condition	Range of optimum condition	Optimum condition
Microwave power (watt)	47.21~76.05	62
Ethanol conc. (%)	10.25~43.56	43
Extraction time (min)	5.72	5.7

요한 공정인자임을 확인 할 수 있었다. 한편, tyrosinase 저해 작용의 경우 에탄올 농도보다는 microwave power에 영향을 받았는데 power가 작을수록 그 값은 크게 측정되었다. 따라서 팽이버섯의 최적 추출조건 범위는 microwave power 47.21~76.05 watt, ethanol 농도 10.25~43.56%, 추출시간 5.72분으로 예측되었다.

문 헌

1. Lin, J.Y., Lin, Y.J., Chen, C.C., Wu, H.L., Shi, G.Y. and Jeng,

T.W. Cardiotoxic protein from edible mushrooms. *Nature (London)* 252: 235-239 (1974)

2. Tonomura, H. *Flammulina velutipes*, p. 140. In: *Biology and Cultivation of Edible Mushrooms*. Chang, S.T. and Hayes, W.A. (eds.). Academic Press, New York, USA (1978)

3. Chang, S.T. and Miles, P.G. *Edible Mushrooms and Their Cultivation*. CRC Press, Boca Raton, FL, USA (1989)

4. Breene, W.M. Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. *J. Food Prot.* 53: 883-893 (1990)

5. Woo, M.S. Studies on antitumor components of *Flammulina velutipes* of Korea (I). *Korean J. Mycol.* 11: 69-77 (1983)

6. Kataoka, H. and Ohnishi, N. Occurrence of taurine in plants. *Agric. Biol. Chem.* 50: 1887-1888 (1996)

7. Lee, G.D., Chang, H.G. and Kim, H.K. Antioxidative and nitrite-scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.* 29: 432-436 (1997)

8. Chung, D.O. Studies on antioxidative substances of *Ganoderma lucidum*. *Korean J. Food Sci. Technol.* 24: 497-503 (1992)

9. Ma, S.J. Effects of the substances extracted from dried mushroom (*Lentinus edodes*) by several organic solvents on the stability of fat. *Korean J. Food Sci. Technol.* 15: 150-153 (1983)

10. Cochran, W.G. and Cox, G.M. *Experimental Design*, pp. 335-375. John Wiley & Sons, Inc., New York, USA (1957)

11. Box, G.E.P. and Hounter, J.S. Multifactor experimental design for exploring response surfaces. *Ann. Math. Stat.* 28: 195-242 (1957)

12. SAS institute Inc. *SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute*, Cary, NC, USA (1990)

13. Motycka, P.R., Devor, R.E. and Bechtel, P.J. Response surface methodology. *J. Food Sci.* 57: 190-196 (1992)

14. Lee, G.D. and Jeong, Y.J. Optimization on organoleptic properties of red pepper jam by response surface methodology. *J. Korean Soc. Food Nutr.* 28: 1269-1274 (1999)

15. Box, G.E.P. and Wilson, K.G. On the experimental attainment of optimum conditions. *J. Royal Stat. Soc.* 13: 1-45 (1951)

16. Foline, O. and Denis, W. On phosphotungstic-phosphomolybdic compounds as color reagents. *J. Biol. Chem.* 12: 239-243 (1912)

17. Kang, Y.H., Park, Y.K. and Lee, G.D. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* 28: 232-239 (1996)

18. Wong, T.C., Luh, B.S. and Whitaker, J.R. Isolation and characterization of polyphenol oxidase of clingstone peach. *Plant Physiol.* 48: 19-23 (1971)

19. Gray, J.I. and Dugan, Jr. L.R. Inhibition of N-nitrosamine formation in model food system. *J. Food Sci.* 40: 981-984 (1975)

20. Park, N.J., Kwon, J.H. and Kim, H.K. Optimization of extraction conditions for ethanol extracts from *Chrysanthemum morifolium* by response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Technol.* 30: 1189-1196 (1998)

(2003년 1월 28일 접수; 2003년 3월 13일 채택)