

노루궁뎅이버섯의 마이크로웨이브 추출과정 최적화

이경아 · 정지은 · 최용희
경북대학교 식품공학과

Optimization of Microwave-assisted Extraction Process of *Hericium erinaceus*

Kyung-A Lee, Ji-Eun Jung and Yong-Hee Choi*

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

Abstract

A central composite design was applied to investigate the effects of independent variable of microwave power(X_1) and extraction time(X_2) on dependent variables such as yield (Y_1), total sugar(Y_2), protein(Y_3), total phenols(Y_4), electron donating ability(Y_5) and browning color(Y_6) of the *Hericium erinaceus*. Coefficients of determination (R^2) of models for dependent variables ranged from 0.9526 to 0.9737. Extraction time had a greater effect than microwave power in the extraction of the yield. Yield increased with increased microwave power and longer extraction time. However, it decreased after reaching at the maximum point. Total sugar, protein, total phenolics and browning color reached maximum at the microwave power of 41.16~53.71 W and extraction time of 1.59~5.96 min. The optimum microwave-assisted extraction conditions were; microwave power of 55.68 W and extraction time of 6 min. Predicted values at the optimized conditions were acceptable when compared as experimental values.

Key words: optimization, microwave-assisted extraction (MAE), *Hericium erinaceus*

서 론

최근 건강에 대한 관심이 높아짐에 따라 식품이 갖는 건강 기능성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 가운데 버섯은 예로부터 맛과 영양이 풍부한 식품으로 식용 및 약용으로 널리 이용되어 왔고, 최근 여러 종류의 버섯에서 항암효과와 혈중콜레스테롤 저하 효과 등이 있다는 것으로 알려진 이래 버섯류의 생리활성 물질에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 그 중 노루궁뎅이버섯(*Hericium erinaceus*)은 산호버섯과에 속하는 것으로 오래 전부터 식용 및 약용버섯으로 이용되어 왔으며, 가을철 떡갈나무나 너도밤나무 등 활엽수의 고목이나 생목

에서 발생한다. 중국에서는 원숭이머리 버섯, 후두 버섯 (Monkeyhead mushroom)으로 알려져 있으며 (Chang & Roh, 1999), 일본에서는 Yamabushitake로 불리고 있다 (Ahn, 1992). 우리 나라에서는 노루궁뎅이의 털모양과 비슷하다고 하여 노루궁뎅이버섯으로 알려졌다. 노루궁뎅이버섯은 탄수화물, 단백질, 아미노산, 비타민, 무기염류 등이 풍부하고, 항암 및 면역기능을 증강시키며 만성위염 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다 (Yearul & Shuich, 1989; Yanmaguchi & Yearul, 1987). 최근에는 노루궁뎅이버섯으로부터 치매 치료제로 이용 가능한 nerve growth factor(NGF)라는 물질이 분리되어 그 구조가 밝혀지고 (Kawagishi et al., 1996), 열수 추출액의 암세포 증식 억제효과 및 Sarcoma 180 세포에 대한 항종양 효과가 보고되었다 (Mizuno & Yamabushitake, 1995; Mizuno et al., 1992). 특히 노루궁뎅이버섯을 포함하여 버섯에 함유되어 있는 조단백당류는 위암, 간암 및 폐암세포주의 항암

Corresponding author: Yong-Hee Choi, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, 1370 Sankyudong, Pukgu, Taegu 702-701, Korea.
Phone: +82-53-950-5777, Fax: +82-53-950-6772
E-mail: yhechoi@knu.ac.kr

효과 연구에서 뛰어난 저해효과를 보였으며, 마우스를 이용한 in vivo 실험에서 활성이 뛰어난 물질인 것으로 보고되었다(Mizuno et al., 1990). 항암효과를 가지는 단백질은 담자균류의 수용성 추출액을 정제함으로써 제조할 수 있으나 (Mizuno & Bononi et al., 1995), 대부분 열수추출을 이용하므로 추출시간이 오래 걸리는 등 유용성분의 효율적 추출에는 한계가 있다 (Mizuno et al., 1990; Cavazzoni & Adami, 1992). 아직까지 노루궁뎅이버섯이 가지는 다양한 생리적 효능 성분을 효율적으로 추출할 수 있는 추출 공정에 대한 연구는 체계적으로 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는 시료를 신속하고 효율적으로 추출할 수 있고, 추출용매와 에너지가 적게 소비되며, 수분을 함유한 모든 천연물 시료의 추출이 가능한 마이크로웨이브 추출(Pare & Belanger, 1993; Lee et al., 1999; Kwon & Kim, 1999; Kim et al., 1999; Kwon, 1998; Pare et al., 1994; Pare et al., 1991)을 이용하여 추출 공정변수에 따른 노루궁뎅이버섯 추출물의 특성을 측정하여 마이크로웨이브 추출공정을 최적화하고자 하였다.

재료 및 방법

실험재료

본 연구에 사용한 노루궁뎅이버섯은 경북대학교 임학과에서 제공받은 시료를 동결 건조한 뒤 분쇄기로 분말화한 후 40~60 mesh를 통과시켜 -20°C에서 냉동 보관하면서 시료로 사용하였다. 실험에 사용한 노루궁뎅이버섯의 일반성분 분석결과는 Table 1과 같다.

MAE 장치 및 추출물 제조

본 연구에 사용된 마이크로웨이브 추출장치 (Microdigest 3.6, Prolabo Inc., France)는 2,450 MHz 주파수 에너지(power)와 시간조절(time control) 등이 가능하며 환류 냉각관이 장착되어 있다. MAE 공정을 이용한 노루궁뎅이버섯의 유용성분 추출조건을 선정하기 추출용매를 증류수로 고정하고 노루궁뎅이버섯의 최적 추출조건을 선정하기 위하여 추

출 에너지를 변화시키면서 추출하였다. 즉, 분말시료와 추출 용매비가 1:20이 되도록 한 후 각 추출 조건에 따라 마이크로웨이브 추출을 하였다. 추출한 후 Whatman filter paper를 사용하여 여과한 후 추출액을 1/3으로 농축한 뒤 4배의 95% 에탄올을 가한 후 조단백다당류를 침전시키기 위해 4°C에서 24 hr 동안 방치하였다. 이를 원심분리한 뒤 조단백다당류를 분리, 소량의 증류수로 침전물을 용해한 후 동결 건조하여 분석용 시료로 사용하였다.

MAE 공정 최적화를 위한 실험계획

마이크로웨이브를 이용한 노루궁뎅이버섯의 추출 조건 최적화를 위해 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하였으며 예비실험의 결과를 바탕으로 중심합성계획(central composite design)을 실시하였다. 즉, 추출공정의 독립변수 (X_1)는 microwave power(X_1)와 extraction time(X_2)에 대한 실험범위를 선정하여 5단계(-2, -1, 0, 1, 2)로 부호화하였으며 Table 2에 나타내었다. 또한 이들의 독립변수에 영향을 받는 종속변수 (Y_n)는 Yield(Y_1), Total sugars(Y_2), Protein(Y_3), Total phenolics(Y_4), Electron donating ability(Y_5), Browning color(Y_6)으로 3회 반복으로 측정하여 각각 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석에 의한 최적조건의 예측은 SAS (statistical analysis system) program을 이용하였으며 (SAS Institute, 1990), 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선 분석을 하여 최적점을 구하였다. 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{22}X_2^2$$

추출특성의 모니터링과 최적조건범위 예측은 각 종속변수의 contour map을 이용하여 분석하였다.

추출수율

마이크로웨이브 추출 시에 사용한 노루궁뎅이버섯의 분말 시료 무게에 대한 조단백다당류를 추출한 뒤 동결건조 한 후 분말시료의 무게를 측정하여

Table 2. Uncoded and coded independent variables used in RSM design of microwave-assisted extraction of *Hericium erinaceus*

X_i	Independent variable	Coded levels				
		-2	-1	0	+1	+2
X_1	Microwave power (W)	40	60	80	100	120
X_2	Extraction time (min)	1	3	5	7	9

Table 1. Proximate composition of *Hericium erinaceus* (unit : %)

Moisture	Ash	Carbohydrate	Crude lipid	Crude protein
9.25	4.09	76.21	2.75	7.70

백분율(%)로 나타내었다.

총당 함량

당 함량 분석은 glucose를 표준물질로 하여 phenol-sulfuric acid법을 이용하였다. 즉 시료 1 mL에 5% phenol solution 1 mL를 가한 후 H₂SO₄ 6 mL를 가하여 혼합하고 20분간 방치한 뒤에 470 nm에서 흡광도를 측정하였다(Dubios et al., 1956).

단백질 함량

노루궁뎅이버섯 추출물의 단백질 함량은 Lowry-Folin법에 의해 시료 1mL에 Lowry 시약과 Folin 시약을 반응시켜 660 nm에서 흡광도를 측정하였다(Lowry et al., 1951).

총 페놀성 화합물 함량

페놀성 화합물의 함량은 Folin-Denis법에 따라 비색 정량 하였다. 즉, 시료 2 mL에 Folin-ciocalteu 시약 2 mL를 가하여 혼합하고 3분 뒤에 10% Na₂CO₃ 2 mL를 가하여 진탕한 후 실온에서 1시간 동안 방치한 뒤 760 nm에서 비색 정량 하였다. 이때 Gallic acid를 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 페놀성 화합물 함량을 구하였다 (Amerine & Ough, 1986).

전자공여작용

각 추출물의 전자공여작용 (electron donating ability, EDA) 시험은 α,α-diphenyl-β-picrylhydrazyl (DPPH)

를 사용한 방법으로 측정하였다(Blois, 1958). 즉, DPPH시약 16 mg을 ethanol 100 mL에 용해하고 시료 0.2 mL에 ethanol 3 mL를 가한 후 조제한 DPPH시액 0.8 mL을 혼합하여 10초간 진탕한 후 상온에서 10분간 방치하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다(Bios, 1958).

$$EDA(\%) = \left(1 - \frac{\text{sampleO.D}}{\text{controlO.D}}\right) \times 100$$

갈색도

시료를 0.1 mg/mL로 조제하여 420 nm의 파장에서 흡광도를 측정하였다.

최적 MAE 추출조건의 예측

추출조건 별 각 추출물의 최적 추출조건 예측은 품질특성에 대한 contour map superimposing 했을 때 중복되는 부분의 범위에서 최적 추출조건 범위를 설정하였다. 또한 예측된 범위에서 임의의 중심점을 최적조건으로 예측하고, 각 회귀식에 대입하여 예측값을 설정하였다. 예측된 추출조건에서 실제 추출실험을 실시한 후 추출물의 특성을 측정하여 실제값과 예측값들을 비교하였다.

결과 및 고찰

마이크로웨이브를 이용한 노루궁뎅이버섯의 추출 조건 최적화를 위하여 중심합성계획을 실시하였으며 본 실험에서 공정변수인 마이크로웨이브 에너지

Table 3. Experimental points of the central composite design and the experimental data of *Hericium erinaceus*

Exp. No. ¹⁾	Microwave power (X ₁)	Time (X ₂)	Yield (%)	TS ²⁾ (%)	Protein (%)	TP ³⁾ (%)	EDA ⁴⁾ (unit)	BC ⁵⁾ (O.D.)
1	100(+1)	7(+1)	4.80	24.50	9.75	10.69	6.22	0.015
2	100(+1)	3(-1)	3.51	27.25	8.19	10.43	7.62	0.013
3	60(-1)	7(+1)	4.39	38.35	8.99	11.97	5.65	0.028
4	60(-1)	3(-1)	2.57	51.83	14.86	10.75	6.96	0.020
5	80(0)	5(0)	4.80	38.25	8.80	10.50	6.83	0.016
6	80(0)	5(0)	4.87	39.75	8.81	10.60	6.75	0.015
7	120(+2)	5(0)	3.74	15.17	9.57	13.38	7.75	0.014
8	40(-2)	5(0)	2.53	42.17	14.57	14.20	5.66	0.029
9	80(0)	9(+2)	4.46	35.50	8.23	11.48	5.60	0.033
10	80(0)	1(-2)	2.57	41.83	17.22	10.22	8.11	0.012

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design

²⁾Total sugar

³⁾Total phenolic

⁴⁾Electron donating ability

⁵⁾Browning color

와 추출시간에 따른 노루궁뎅이버섯 추출물의 추출 수율, 총당, 단백질, 총 페놀 화합물의 함량, 전자공여능, 갈색도의 함량을 Table 3에 나타내었다. Table 3의 결과를 바탕으로 SAS 프로그램을 사용하여 분석한 결과는 Table 4와 5에 나타내었으며 추출수율, 총 당, 단백질, 총 페놀 화합물이 함량, 전자공여능, 갈색도 등과 같은 품질특성에 추출조건이 미치는 영향을 보기 위해 Fig. 16에 반응표면곡선을 나타내었다.

추출 수율

추출조건이 수율에 미치는 영향은 Fig. 1에 나타내었다. 추출시간과 마이크로웨이브 에너지를 증가시킴에 따라 추출 수율이 높아지는 경향을 보이다가 최대점 이후에서 수율이 감소하였다. 이는 팽이버섯의 마이크로웨이브 추출물이 에너지와 시간을 증가시킴에 따라 수율 또한 증가한다는 Kim *et al.* (2003)의 보고와 유사하다. Table 4에서와 같이, R²는 0.9528으로 높은 상관관계를 나타내었고, 1% 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 회귀식의 추

정된 계수는 Table 4와 같다.

식에서 Intercept, X₁, X₂, X₁², X₂²항은 5%이내의 높은 유의성을 나타내었으며 추출 수율에 있어서는 마이크로웨이브 에너지와 추출시간 모두가 영향을 미치고, 특히 추출시간이 더 크게 영향을 미치는 것을 확인 할 수 있었다. 이때의 최대값은 4.59%로 예측되었고, 이에 대한 최적 추출 조건은 82.11 W, 98.99 min으로 예측되었다.

총 당 함량

추출조건이 총 당 함량에 미치는 영향은 Fig. 2에 나타내었다. 총 당 함량은 추출시간과 마이크로웨이브 에너지가 증가함에 따라 줄어드는 경향을 나타내었다. 이는 Choi *et al.*(2000)의 보고에서 열 수 추출 시간이 증가함에 따라 아가리쿠스 버섯의 조당체 함량 또한 증가한다는 결과와 상이한 경향을 나타내었다. Table 4에서와 같이, R²는 0.9586으로 높은 상관관계를 보였고, 1%수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 회귀식의 추정된 계수는 Table 4와 같다.

Table 4. Estimated coefficients of second order response models for MAE of *Hericium erinaceus*

	Yield (Y ₁)	TS ²⁾ (Y ₂)	Protein (Y ₃)	TP ³⁾ (Y ₄)	EDA ⁴⁾ (Y ₅)	BC ⁵⁾ (Y ₆)
Intercept	-7.7571	+61.6768	+56.6686	+22.3089	+6.3092	+0.0410
X ₁	+0.1943	+0.2882	-0.6294	-0.3211	+0.0289	-0.0006
X ₂	+1.3275	-6.5114	-7.1212	+0.3743	-0.3485	+0.0008
X ₁ X ₁	-0.0010	-0.0063	+0.0021	+0.0021	-0.00002	-0.000004
X ₁ X ₂	-0.0033	+0.0670	+0.0464	-0.0060	-0.0006	-0.00004
X ₂ X ₂	-0.0776	-0.0057	+0.2477	+0.0272	+0.00714	+0.0004
R ²	0.9528	0.9586	0.9612	0.9625	0.9737	0.9526
Pr>F	0.0093	0.0072	0.0063	0.0059	0.0029	0.0094

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{11}X_1^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{22}X_2^2$$

Table 5. Predicted levels of extraction conditions for the maximum responses of total yield, total sugars, protein, total phenols, electron donating ability and browning color of *Hericium erinaceus* by the ridge analysis

Y _n	X ₁ (power/W)	X ₂ (Time/min)	Max.	Morphology
Yield (Y ₁)	82.09	9.00	4.59	Max
Total sugars (Y ₂)	53.71	1.99	53.17	Saddle point
Protein (Y ₃)	53.83	1.98	20.62	Saddle point
Total phenols (Y ₄)	41.16	5.96	14.39	Min
EDA ³⁾ (Y ₅)	101.04	1.59	8.37	Saddle point
Browning color (Y ₆)	53.20	7.97	0.04	Min

¹⁾Microwave power in the maximum response

²⁾Extraction time in the maximum response

³⁾Electron donating ability

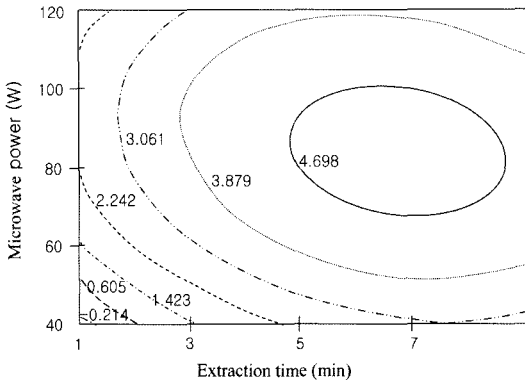


Fig. 1. Contour plots of the extraction yield of *Hericium erinaceus* at various microwave power and extraction time.

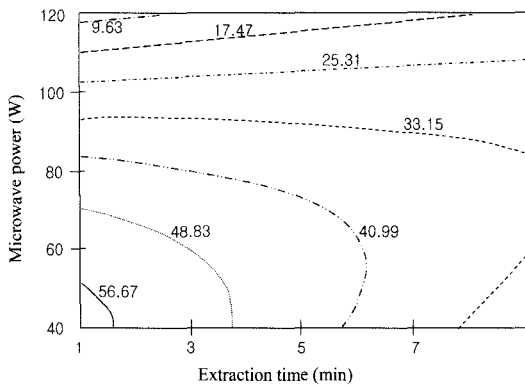


Fig. 2. Contour plots of the total sugars of *Hericium erinaceus* at various microwave power and extraction time.

식에서 Intercept, X_1^2 항은 5%이내의 유의성을 나타내어 마이크로웨이브 에너지가 총 당 함량에 영향을 미치고 있다는 것을 알 수 있다. 각각의 추출 조건에 대한 총 당 함량의 최적 추출 조건은 83.71 W에서 1.99 min으로 예측되었으며, 이때의 최대값은 53.17%로 예측되었다.

단백질 함량

노루궁뎅이버섯의 단백질 함량에 대한 반응표면은 안장점 형태를 나타냈으며, 능선분석(ridge analysis)을 실시하여 본 결과(Fig. 2) 단백질의 최대값은 20.62%로 예측되었다. 단백질 함량에 대한 R^2 는 0.96112으로 나타났으며 1%이내의 수준에서 유의성이 인정되었으며 예측된 회귀식의 추정된 계수는 Table 4와 같다. 추출시간이 길어질수록 감소하

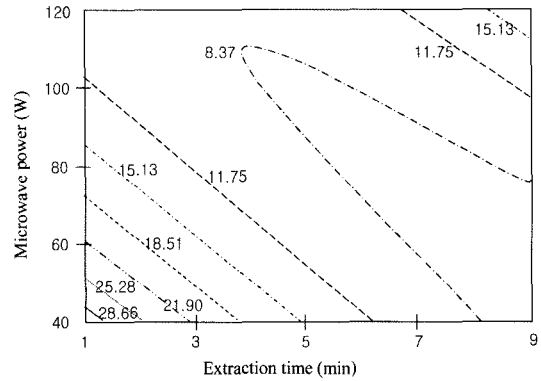


Fig. 3. Contour plots of the protein of *Hericium erinaceus* at various microwave power and extraction time.

였고, 반면에 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 함량이 낮아 이는 Choi 등(2004)의 보고에서 노루 궁뎅이버섯의 열수 추출 시 조단백질 함량이 31.17 min일 때 1263.76 mg%의 최적화를 나타낸 것과 비교해 볼 때 짧은 추출시간으로 더 높은 단백질 함량이 나타났다.

특히 마이크로웨이브 추출 시에는 추출시간과 마이크로웨이브 에너지가 모두가 추출물의 단백질 함량에 큰 영향을 미치는 것으로 나타났다. 각각의 추출조건에 따른 단백질 함량의 최적 추출조건은 53.84 W, 1.97 min으로 예측되었다.

총 페놀화합물의 함량

노루궁뎅이버섯의 총 페놀성 화합물의 함량에 대한 반응표면은 최소점의 형태를 나타내었고, 이때의 최대값은 14.39%로 예측되었다. 페놀성 화합물 함량에 대한 최적 추출조건은 마이크로웨이브 에너지 14.16 W, 추출 시간 5.96 min 이었다(Table 5). 이때의 R^2 은 0.9625로 나타났으며 1%이내의 수준에서 유의성이 인정되었으며 예측된 회귀식의 추정된 계수는 Table 4와 같다. 식에서 Intercept와 X_1 , X_1^2 에서 1% 이내의 유의성을 보였으며 마이크로웨이브 에너지가 페놀화합물의 함량과의 관계에 있어 매우 높은 상관관계를 나타냄을 확인 할 수 있었다.

총 페놀성 화합물 함량은 최적 추출시간을 기준으로 하여 그 이하와 이상에서는 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 그 함량이 증가함을 보였고, 최적 추출 시간에 근접한 5 min 추출 시에는 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 페놀화합물의 함량이 증가함을 나타내었다. 그리고 추출 시간이 증가할수록 페놀성 화합물의 함량이 또한 증가하는

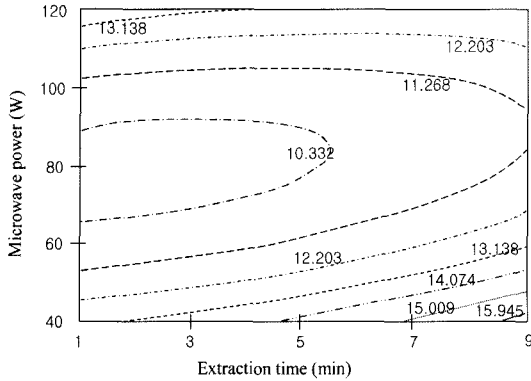


Fig. 4. Contour plots of the total phenolics of *Hericium erinaceus* at various microwave power and extraction time.

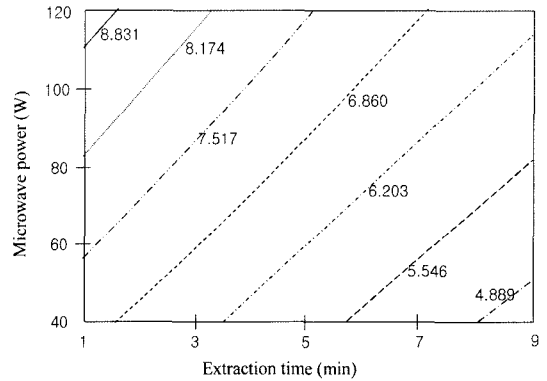


Fig. 5. Contour plots of the electron donating ability of *Hericium erinaceus* at various microwave power and extraction time.

경향을 보였다.(Fig. 3) 이는 Kim 등(2002)의 보고에서의 마이크로웨이브 에너지와 추출 시간이 증가할수록 페놀 함량이 증가한다는 것에서 추출 시간에서는 유사한 경향을 보였지만 추출 에너지 면에서는 다른 경향을 나타내었다.

전자공여작용

추출조건에 따른 노루궁뎅이버섯의 전자공여작용에 대한 반응표면은 안장점의 형태를 나타내었으며 능선분석(ridge analysis)의 결과 최적 추출조건은 마이크로웨이브 에너지 101.04 W, 추출 시간 1.59 min으로 이때의 최대값은 8.37 unit로 예측되었다. 이는 Choi 등(2004)의 노루궁뎅이버섯의 에탄올 추출에서의 최대값이 44.29 unit으로 보고한 것과의 비교 시 그 함량이 매우 낮았다. 추출물의 전자공여작용은 Fig. 4와 같이 추출시간이 증가할수록 감소하는 경향을 보였고, 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 그 함량이 높아지는 경향을 나타내었다. 이는 Kim 등(2002)의 만가닥 버섯의 마이크로웨이브 열수 추출에서 추출 에너지와 추출시간을 증가 시킴에 따라 전자공여능이 커진다는 보고와는 에너지 면에서는 같은 경향을 보였으나 추출시간의 경우 상이한 경향을 나타내었다.

갈색도

노루궁뎅이버섯의 갈색도에 대한 반응표면은 최소점의 형태를 나타내었으며 최적 추출조건은 마이크로웨이브 에너지 53.02 W, 추출 시간 7.97 min으로 이때의 최대값은 0.04로 예측되었다. 갈색도에 대한 R²은 0.9626로 나타났으며 1% 이내의 수준에

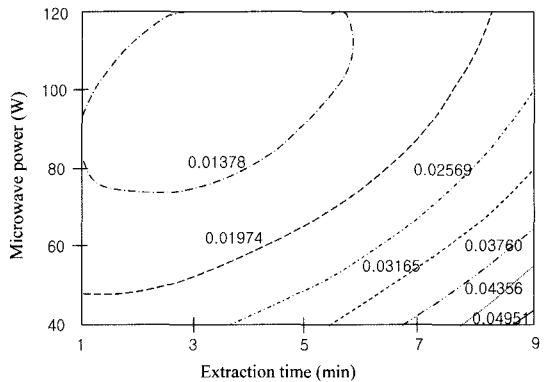


Fig. 6. Contour plots of the browning color of *Hericium erinaceus* at various microwave power and extraction time.

서 유의성이 인정되었으며 예측된 회귀식의 추정된 계수는 Table 4와 같다. 노루궁뎅이버섯의 갈색도는 Fig. 5와 같이 추출시간이 길어질수록 값이 증가하였고, 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 값이 감소하는 경향을 나타내었다.

추출조건 최적화

마이크로웨이브 추출법에 의한 노루궁뎅이버섯의 추출 조건을 최적화하기 위하여 추출 에너지와 추출시간에 대한 종속변수인 추출 수율, 당 함량, 단백질 함량, 총 페놀성 화합물함량, 전자공여작용, 갈색도의 contour map을 superimposing하여 추출물의 특성을 모두 만족시켜주는 추출조건 범위를 나타내었다(Fig. 7). 그 결과 예측된 최적 추출조건 범위는 53.25~58.10 W, 5.79~6.21 min 으로 나타났다.

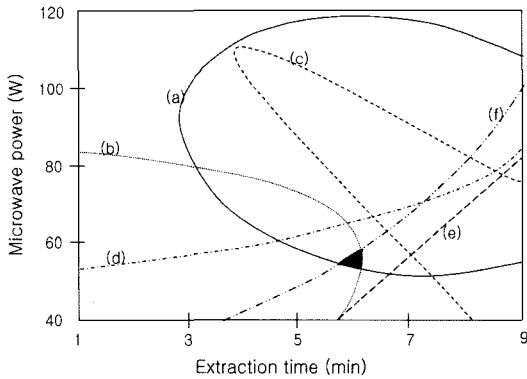


Fig. 7. Superimposing contour map of optimized conditions for yield, total sugars, protein, total phenolics, electron donating ability and browning color of *Hericium erinaceus* as functions of microwave power and extraction time by microwave-assisted extraction. (a) Yield, (b) Total sugars, (c) Protein, (d) Total phenolics, (e) Electron donating ability, (f) Browning color.

Table 6. The optimum range of microwave-assisted extraction conditions for response variables by superimposing of contour maps for *Hericium erinaceus*

Extraction conditions	Optimum ranges	Optimum condition
Microwave power (W)	53.2558.10	55.68
Time (min)	5.796.21	6.00

Table 7. Predicted and experimental values of response variables for *Hericium erinaceus* at on given condition within the range of optimum microwave-assisted extraction conditions

Response variables	Predicted values	Experimental values
Yield (Y_1)	4.030	4.233
Total sugars (Y_2)	41.302	42.012
Protein (Y_3)	9.825	9.947
Total phenols (Y_4)	12.161	11.926
EDA ²⁾	5.820	5.638
Browning color (Y_6)	0.001	0.001

¹⁾ Yield (%), Total sugars (%), Protein (%), Total phenols (%), EDA (unit), browning color (O.D.)

²⁾ Electron donating ability

이상의 예측 모델식을 검증하기 위하여 최적 조건 범위내의 임의의 최적점인 마이크로웨이브 에너지 55.68 W, 추출시간 6.00 min으로 추출조건을 설정하여 실제 추출실험을 하여 그 추출물의 기능적 특성을 측정한 결과, 실제 값들은 예측된 값들과 유사한 수준으로 비교되었다.(Table 7) 이와 같은 최

적 추출조건은 추출물에 대해 고려 되는 특성에 따라 다소 변화 될 수 있다.

요 약

노루궁뎅이버섯이 가지는 다양한 생리적 효능 성분을 효율적으로 추출하기 위해 마이크로웨이브 추출을 실시하여 반응표면분석에 의해 추출 조건을 최적화 하였다. 마이크로웨이브 에너지(microwave power: X_1)와 추출 시간(extraction time: X_2)을 요인 변수로 하고, 반응변수(Y_n)는 Yield(Y_1), Total sugars (Y_2), Protein(Y_3), Total phenols(Y_4), Electron donating ability(Y_5), Browning color(Y_6)으로 하여 각각 회귀 분석을 실시하였다. 그 결과, R^2 는 0.9526~0.9737로 나타났으며 추출 수율은 마이크로웨이브 에너지보다 추출시간에 더 크게 영향을 받았고 추출시간과 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 수율이 증가하다 최대점 이후에 그 값은 낮아졌다. 총당, 단백질, 총 페놀 함량, 갈색도는 41.16~53.17 W와 1.59~5.96 min의 추출시간의 범위에서 높게 나타났다. 이들 추출물의 특성을 모두 만족시키는 최적 추출 조건은 마이크로웨이브 에너지 55.68 W, 추출 시간 6.00 min로 예측되었으며 예측된 최적 추출 조건의 임의의 점에서 실험한 결과, 각 종속변수들의 예측값과 실제값이 유사하게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업의 지원에 의하여 수행된 내용의 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Chang, HY, Roh, MG. 1999. Physiological characteristics of *Hericium erinaceus* in sawdust media. *Kor. J. Mycol.* **27**: 252-255
- Ahn, DK. 1992. Medicinal Fungi in Korea. *Kor. J. Mycol.* **20**: 154-159
- Yearul, KA and Shuichi, K. 1989. Dietary mushroom reduce blood pressure in spontaneously hypertensive rat. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **35(1)**: 91-94
- Kabir, Y, Yamaguchi, M and Kimura, S. 1987. Effect of shiitake (*Lentinus edodes*) and maitake (*Grifola frondosa*) mushrooms on blood pressure and plasma lipids of spontaneously hypertensive rats. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* **33(5)**: 341-346
- Kawagishi, H, Shimada, A, Hosokawa, S, Mori, H, Saka-

- moto, H, Ishiguro, Y, Sakemi, S, Bordner, J, Kojima, N and Furukawa, S. 1996. Erinacines E, F, and G, stimulators of nerve growth factor (NGF) synthesis, from the mycelia of *Hericiium erinaceum*. *Tetrahedron Letters*. **37(41)**: 7399-7402
- Mizuno, T, Yamabushitake. 1995. *Hericiium erinaceus*: bioactive substances and medicinal utilization. *Food Reviews International*. **11(1)**: 173-178
- Mizuno, T, Wasa, T, Ito, H and Suzuki, C. 1992. Ukai N Antitumor-active polysaccharides isolated from the fruiting body of *Hericiium erinaceum*, an edible and medicinal mushroom called yamabushitake or houtou. *Biotech. Biochem*. **56(2)**: 347-348
- Mizuno, T, Inagaki, R, Kanao, T, Hagiwara, T, Nakamura, T, Ito, H, Shimura, K, Sumiya, T, and Asakura, A. Studies on the host-mediated antitumor polysaccharides. Part XIV. Antitumor activity and some properties of water-insoluble hetero-glycans from *Himematsutake*, the fruiting body of *Agaricus blazei* Murill. 1990. *Agric. Biol. Chem*. **54(11)**: 2897-2905
- Maziero, R. and Bononi, VL. 1995. Science and Cultivation of Edible Fungi. *Balkema, Rotterdam, Netherlands*. Pp887-892
- Cavazzoni, V and Adami, A. 1992. Exopolysaccharides produced by mycelial edible mushrooms. *Ital. J. Food Sci*. **4(1)**: 9-15
- Pare JRJ and Belanger JMR. 1993. Microwave-assisted process(MAPTM) applications to the extraction of natural products. In *Proc. 28th Microwave Power Symposium: International Microwave Power Institute, Manassas, USA*. Pp126-135
- Lee, SB, Lee, GD and Kwon, JH. 1999. Optimization of extraction conditions for soluble ginseng compounds using microwave extraction system under pressure. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **28(2)**: 409-416
- Kwon, JH and Kim, KE. 1999. Comparative effects of microwave-assisted process under atmospheric pressure conditions and conventional process on efficiencies of effective ginseng components. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr*. **28(2)**: 586-592
- Kim, HK, Kwon, YJ, Kwak, HJ and Kwon, JH. 1999. Oleoresin content and functional characteristics of fresh garlic. *Korean J. Food Sci. Technol*. **28(4)**: 876-881
- Kwon, JH. 1998. Rapid extraction of food and natural components using microwave-assisted extraction. *Food Sci. Indus*. **31(1)**: 43-55
- Pare, JRJ, Belanger JMR and Stafford MR. 1994. Microwave-assisted process: a new tool for the analytical laboratory. *Trends in Anal. Chem*. **13(4)**: 176-184
- Pare, JRJ, Sigouin, M and Lapointe, J. 1991. Microwave-assisted natural products extraction. US Patent 5,002,784, 26.
- SAS. SAS/STAT. 1995. User's Guide version 6, 4th de., *SAS Institute Inc. Cary, NC, USA* Ch. 37 (vol. 2). Pp. 14-57.
- Dubios MKA, Hamilton TK, Rebers PA and Sonisth F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substance. *Anal. Chem*. **28**: 350-356
- Lowry, O.H., N.J. Rosebrough, A.L. Farr., R.J. Randall. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. *J. Biol. Chem*. **193**: 265-275
- Amerine MA and Ough CS. 1980. *Methods for Analysis of Musts and Wine*, John Wiley & Sons Co. New York, USA. Pp. 177.
- Bios, MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 181: 1199-1202
- Kim, HK, Kim, MO, Choi, MG and Kim, KH. 2003. Optimization of microwave extraction conditions for *Flammulina velutipes* by response surface methodology. *Korean J. Food Sci. Technol*. **35(2)**: 222-228
- Choi, JW, Ryu, DY, Kim, YK, Hong, EG, Kwun, MS and Han, JS. 2000. Extraction and purification of bioactive materials from *Agaricus blazei* fruiting Bodies. *Korean J. Biotechnol. Bieng*. **15(3)**: 293-298
- Choi, MA, Park, NY and Jeong, YJ. 2004. Optimization of water extraction conditions from *Hericiium erinaceus*. *J. Korean Soc. Food sci. Nutr*. **33(6)**: 1068-1073
- Kim, HK, Choi, YJ, Jeong, SW and Kim, KH. 2002. Functional activities of microwave-assisted extracts from *Lyo-phyllum ulmarium*. *Korean J. Food Preserv*. **9(4)**: 385-390