

마이크로파 추출공정에 의한 쥐깨풀 유용성분의 추출조건 최적화

이은진 · 권영주 · 노정은 · 이정은 · 이성호¹ · 김재근¹ · 김광수² · 최용희 · 권중호[†]
경북대학교 식품공학과, ¹계명문화대학 식품영양조리과, ²영남대학교 식품영양학과

Optimization of Microwave-Assisted Process for Extraction of Effective Components from *Mosla dianthera* M.

Eun-Jin Lee, Young-Ju Kwon, Jung-Eun Noh, Jeong-Eun Lee, Sung-Ho Lee¹,
Jae-Keun Kim¹, Kwang-Soo Kim², Yong-Hee Choi and Joong-Ho Kwon[†]

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 701-702, Korea

¹Department of Food Nutrition & Culinary, Keimyung College, Daegu 704-703, Korea

²Department of Food and Nutrition, Yeungnam University, Gyeongsan 712-749, Korea

Abstract

Response surface methodology (RSM) was applied to microwave-assisted process (MAP) extraction for effective components from *Mosla dianthera* M. Microwave power (2,450 MHz, 0-160 W) and extraction time (1-5 min) were used as independent variables (X_i) for central composite design to yield 10 different extraction conditions. Optimum conditions were predicted for dependent variables of 75% ethanol extracts, such as total yield(Y_1), total phenolics(Y_2), total flavonoids(Y_3), and electron donation ability(Y_4 , EDA). Determination coefficients (R^2) of regression equations for dependent variables ranged from 0.8397 to 0.9801, and microwave power was observed to be more influential than extraction time in MAP. The maximal values of each dependent variable predicted at different extraction conditions of microwave power (W) and extraction time (min) were as follows; 6.76% of total yield at 142.00 W and 4.36 min, 78.68 mg/g of total phenolics at 136.78 W and 4.40 min, 6.75 mg/g of total flavonoids at 159.69 W and 3.17 min, and 49.81% of EDA at 133.87 W and 4.47 min, respectively. The superimposed contour maps for maximizing dependent variables illustrated the MAP conditions of 79 to 113 W in power and of 2.73 to 3.84 min in extraction time.

Key words : *Mosla dianthera* M., microwave-assisted extraction, total phenolics, flavonoid, electron donating ability

서 론

쥐깨풀(*Mosla dianthera* M.)은 꿀풀과에 속하는 한 해살이 풀로서 한국 등 아시아 지역에 널리 분포되어 자생하는 야생식물이다. 쥐깨풀의 어린잎은 식용으로 이용되었으며, 한방과 민간에서는 전초를 살균, 소화, 진통, 구충, 건위, 십이지장충구제, 방부 등에 유용한 약재로 사용하였다고 전해지고 있으나, 이에 대한 과학적 연구는 거의 수행되지 않고 있다(1,2).

최근 천연식물자원에 대한 관심이 높아짐에 따라 국내에

서 자생하는 야생식물자원을 이용한 기능소재 개발 연구가 주목을 받고 있다. 특히 건강기능식품법(3)이 시행됨에 따라 생리활성이 뛰어난 천연소재의 탐색과 활용을 위한 다각적인 연구가 요구되고 있다.

기능성 소재의 개발 및 실용화에서는 유용성분이 다량 함유된 원료의 선별과 이를 효과적으로 추출 분리하는 공정이 요구된다. 특히 기능성 성분의 추출방법은 추출효율이 높고 품질이 우수하며 경제성, 안전성 및 환경친화적 조건이 구비되어야 한다. 기존의 스팀증류법, 고온용매추출법 등의 전통적인 방법이나 최근 실용화가 활발한 초임계유체추출법 등은 여러 가지 장점을 지니고 있지만 추출효율, 에너지 소비, 경제성 등의 측면에서 개선의 필요성이 남아있다(4,7).

[†]Corresponding author. E-mail : jhkwon@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-5775, Fax : 82-53-950-6772

지금까지 여러 종류의 유용식물자원에 대한 마이크로파 추출연구로는 인삼(8), 당귀(9), 섬백리향(10) 등에 대한 보고가 있으며, 그 결과 현행 열수 및 용매 추출법에 비해 추출시간 및 추출용매의 사용량을 크게 줄일 수 있는 것으로 밝혀지고 있다.

따라서 본 연구에서는 최근 기능성 성분의 추출에 효과적으로 활용되고 있는 MAP(microwave-assisted process)(5) 공정을 이용하여 쥐깨풀 유용성분의 추출특성을 모니터링 하고 아울러 이들을 효과적으로 추출할 수 있는 최적조건을 예측하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험의 재료는 자연 건조한 다음 실험실용 blender를 이용하여 40 mesh로 분쇄한 쥐깨풀(*Mosla dianthera* M.)을 사용하였으며, 시료의 수분함량은 8.45%이었다. 분석용 시료는 식품용 PVC 용기에 밀봉 상온암소(15±5℃)에 저장하면서 실험에 사용하였다.

MAP 추출방법

쥐깨풀 유용성분을 효과적으로 추출하고자 MAP 추출공정을 이용하였으며, 마이크로파 추출장치는 2450 MHz의 주파수에 programmable power(max. 250 W), time control 등이 가능하고, 환류냉각관이 장치된 상압형 microwave 장치 (Microdigest-3, Prolabo, France)였다. 추출방법은 입자크기, 시료대 용매비, 용매 등을 예비실험을 통하여 시료입자 40 mesh, 시료대 용매비 1:5(5 g/50 mL), 추출용매 75% 에탄올로 고정하여 MAP 추출실험을 실시하였다(8).

추출조건 최적화를 위한 실험계획

마이크로파를 이용한 유용성분 추출실험은 75% 에탄올을 사용한 예비실험을 바탕으로 중심합성계획(11)을 실시하였다. 즉, 추출공정의 독립변수는 microwave power (0~160 W) 및 extraction time(1~5 min)으로 하여 각각 5단계로 부호화 하고 10개의 독립된 추출조건을 설정하였다(Table 1). 그리고 각 조건에서 얻어진 추출물의 품질특성을 종속 변수로 하여 총 수율, 총 페놀성 화합물 함량, 총 플라보노이드 함량, 전자공여능 등을 측정하여(n=3) 각각 회귀분석을 실시하였다. 여기서 두 개의 독립변수와 각 종속변수들에 대한 2차 회귀 모형식은 다음과 같다.

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

이 때 Y는 종속(반응)변수, X_1 , X_2 는 독립(요인)변수, b_0 는 절편, b_n 는 회귀계수이다. 회귀분석에 의한 최적조건

Table 1. Central composite design for the optimization of MAP extraction conditions for *Mosla dianthera* M

Experiment No.	Microwave Power (X_1 , W)		Extraction time (X_2 , min)	
	Coded	Uncoded	Coded	Uncoded
1	1	120	1	4
2	1	120	-1	2
3	-1	40	1	4
4	-1	40	-1	2
5	0	80	0	3
6	0	80	0	3
7	2	160	0	3
8	-2	0	0	3
9	0	80	2	5
10	0	80	-2	1

의 예측은 SAS(statistical analysis system) program(12)을 이용하였다. 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 추출특성의 모니터링과 최적조건범위 예측은 각 종속변수의 contour map과 3차원 반응표면(13,14)을 이용하여 분석하였다.

총 추출수율 측정

각 조건에서 얻어진 추출물의 총 수율은 추출물 일정량을 취하여 105℃에서 항량이 될 때까지 건조하여 추출액 조제에 사용된 원료량(건물량)에 대한 백분율로서 총 수율(%)로 나타내었다(8).

총 페놀성 화합물 함량 측정

쥐깨풀 추출물의 총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis법(15)에 따라 비색정량하였다. 즉, 추출액을 일정하게 희석한 검액 2 mL에 Folin-ciocalteu 시약 2 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na_2CO_3 2 mL를 넣어 진탕하고 1시간 실온에서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로는 gallic acid를 사용하여 5~50 $\mu\text{g/mL}$ 의 농도로 검량곡선을 조제하였다.

총 플라보노이드 함량 측정

각 추출물의 총 플라보노이드 함량은 시료 용액 1 mL에 diethylene glycol 10 mL를 가하고, 1 N NaOH 용액 1 mL를 넣은 다음 30℃에서 1 시간 반응시킨 후 420 nm에서 흡광도를 측정하였다(16). 이때 검량곡선은 naringin을 사용하여 작성하였다.

전자공여능 측정

시료 추출액의 전자공여능(electron donating ability, EDA) 측정시험은 α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl(DPPH)를 사용한 방법(17)으로 측정하였다. 즉, DPPH 시약 12 mg을

absolute 에탄올 100 mL에 용해한 후 증류수 100 mL를 가하고 50% ethanol을 공시험으로 하여 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 1.0으로 조정하였다. 그리고 측정은 이 용액 5 mL와 시료용액 0.5 mL를 혼합하고 상온에서 30초간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가군과 무첨가군의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능으로 하였다.

결과 및 고찰

추출물 수율 및 유용성분 함량

유용성분의 선택적 추출특성(5,7,18)이 가능한 것으로 알려진 마이크로파 에너지를 이용하여 10개 군의 추출조건에서 얻은 75% 에탄올 추출물의 유용성분을 분석하여 Table 2에 나타내었다. 전반적으로 시료의 총 추출수율은 마이크로파 용량이 크고 추출시간이 길수록 높게 나타났으며, 각 유용성분 별로는 다양한 추출특성을 보여 주었다. 즉, 쥐깨풀 추출물의 총 수율은 2.92~6.57%, 총 페놀성 화합물 함량은 48.36~94.42 mg%, 총 플라보노이드 함량은 3.14~7.03 mg/g, 추출물의 전자공여능은 26.45~52.74%로써 추출조건에 따라 에탄올 추출물의 수율과 유용성분의 함량이 영향을 받는 것으로 나타났다.

Table 2. Experimental data on total yield, total phenolics, total flavonoids, and electron donation ability (EDA) of MAP extracts from *Mosla dianthera* M. under conditions based on central composite design for response surface analysis

Experiment number ¹⁾	Total yield (% , d.b.)	Total phenolics (mg% , d.b.)	Total flavonoids (mg/g , d.b.)	EDA (%)
1	6.57	68.98	6.38	52.74
2	5.13	67.22	5.56	44.35
3	5.44	61.11	5.43	37.41
4	4.19	60.19	3.85	35.78
5	5.83	94.42	7.03	41.54
6	5.26	81.47	6.62	39.19
7	5.85	56.43	7.00	41.98
8	2.92	48.36	3.53	26.45
9	6.39	64.77	5.19	41.16
10	3.22	60.41	3.14	33.82

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

성을 분석하고 추출물의 품질특성(유용성분 별)에 대한 마이크로파 추출조건에 대한 영향을 각 성분에 대한 contour map과 반응표면을 나타내면서(Fig. 1~4) 유용성분에 대한 추출조건에 대한 영향을 통계적으로 모니터링 하였다(19).

Table 3. The second order polynomials for total yield, total phenolics, total flavonoids, and electron donation ability (EDA) of MAP extracts of *Mosla dianthera* M. under different microwave powers and extraction times

Response	Second order polynomial	R ²	Significance
Total yield	$Y_1 = 0.335060 + 0.026274X_1 + 1.826429X_2 - 0.000187X_1^2 + 0.007438X_2X_1 - 0.319821X_2^2$	0.9801	0.0017
Total phenolics	$Y_2 = -0.099286 + 0.008911X_1 + 0.355476X_2 - 0.000051786X_1^2 - 0.057857X_2^2$	0.8397	0.0950
Total flavonoids	$Y_3 = -4.918929 + 0.069929X_1 + 4.712381X_2 - 0.000223X_1^2 - 0.004750X_2X_1 - 0.631786X_2^2$	0.9622	0.0060
EDA	$Y_4 = 29.306161 + 0.168902X_1 + 0.051607X_2 - 0.001132X_1^2 + 0.042250X_2X_1 - 0.367768X_2^2$	0.8549	0.0791

유용성분별 MAP 추출특성 확인

쥐깨풀 유용성분의 마이크로파 추출특성을 검토하고자, 이상의 측정결과를 회귀 분석하여 각 독립변수에 따른 반응변수들 즉, total yield(Y₁), total phenolics(Y₂), total flavonoids(Y₃), electron donating ability(Y₄) 등에 대한 예측 회귀식을 얻었다(Table 3). 아울러 예측 모델식을 바탕으로 추출물의 품질특성으로서 각 반응변수들에 대한 최적 추출조건(마이크로파 용량과 추출시간)을 각각 예측하여 Table 4에 나타내었다. 또한 모델 회귀분석에서 얻어진 F-ratio(Table 5)에 의해 각 반응변수들의 추출조건(독립변수)에 대한 유의

총 추출 수율

추출조건에 따른 쥐깨풀 추출물의 수율 변화에 대한 회귀식에서 R²는 각각 0.9801이고 1% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다(Table 3). 반응표면분석에 의해 예측된 정상점(stationary point)은 최대점을 보이면서 6.76%로 나타났다. 이때 최적 추출조건은 microwave power 142 W, 추출시간 4.36분으로 나타났다(Table 4). Fig. 1은 추출 수율에 대한 contour map과 반응표면으로써 에너지 용량이 크고 추출시간이 증가할수록 수율이 증가하는 경향을 보였다. MAP 공정에서 에너지 용량과 추출시간은 쥐깨풀 시료의

Table 4. Predicted levels of MAP conditions for the maximum responses of total yield, total phenolics, total flavonoids, and electron donation ability (EDA) of extracts from *Mosla dianthera* M. by the ridge analysis

Y_n	R^2	Prob > F	X_1 (power/W)	X_2 (time/min)	Max.	Morphology
Total yield (% d.b.)	0.9801	0.0017	142.00	4.36	6.7637	Max.
Total phenolics (mg% d.b.)	0.8397	0.0950	136.78	4.40	78.6800	Max.
Total flavonoids (mg/g d.b.)	0.9622	0.0060	159.69	3.17	6.7461	Max.
EDA (%)	0.8549	0.0791	133.87	4.47	49.8122	Saddle point

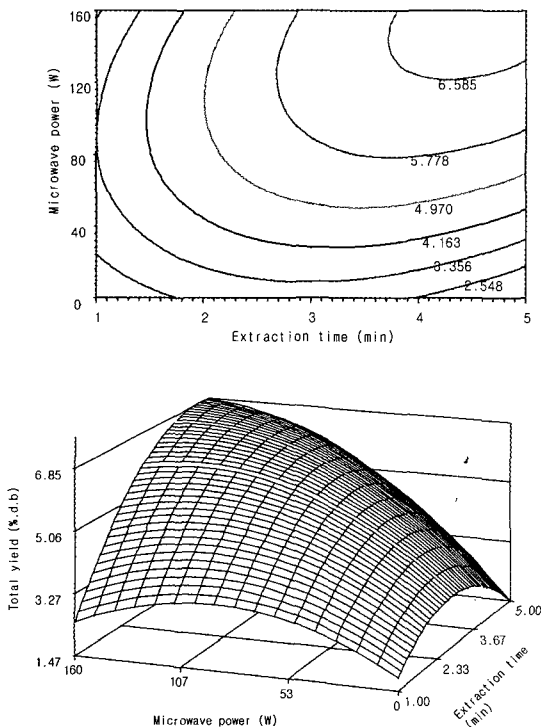


Fig. 1. Contour map (top) and response surface (bottom) for the effects of MAP extraction conditions on total yield from *Mosla dianthera* M.

에탄올 추출물 수율에 유의적인 영향을 미쳤으며($P < 0.01$)(Table 5), 이 같은 결과는 인삼(8), 섬백리향(10), 포도씨(20) 등의 유용성분에 대한 마이크로파 추출특성과 유사한 경향으로 나타났다.

총 페놀성 화합물 함량

시료 추출물의 총 페놀성분 함량의 변화에 대한 회귀분석 결과에서 추출조건별 페놀성분 함량변화에 대한 회귀식

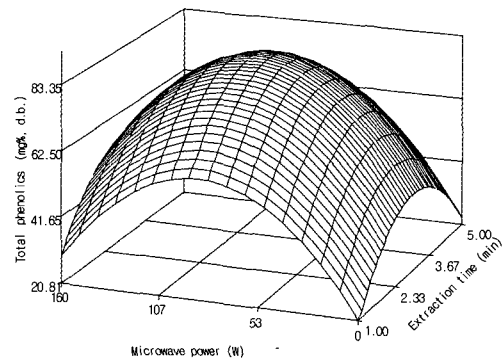
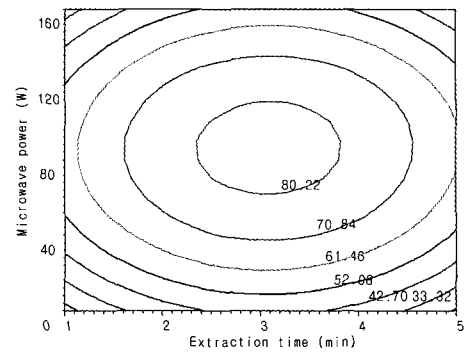


Fig. 2. Contour map (top) and response surface (bottom) for the effects of MAP extraction conditions on total phenolics from *Mosla dianthera* M.

(Table 3)의 R^2 는 0.8397로 나타났으며 유의성이 비교적 낮았다. 반응표면분석을 통하여 예측된 정상점은 최대점으로 78.68 mg%로 예측되었으며, 이때 독립변수인 추출조건은 microwave power 136.78 W, 추출시간 4.40분으로 나타났다(Table 4). 총 페놀성분 함량에 대한 추출공정인자인 독립 변수의 의존도에서도 유의성이 낮게 나타났으나 추출시간보다는 에너지용량의 영향이 다소 크게 나타났다(Table 5). 추출조건에 따른 페놀성 화합물의 추출특성을 살펴보면 Fig. 2와 같이 실험된 5분 이내의 MAP 추출조건에서 정상점을 보였으며, 이 같은 결과는 섬백리향(10), 포도씨(19), 당귀(9) 등에 대한 연구에서도 비교적 짧은 시간에 페놀성 화합물의 추출특성이 확인되어 이 연구결과를 잘 뒷받침 해 주었다.

총 플라보노이드 함량

각 조건에서 얻어진 쥐깨풀 추출물의 총 플라보노이드 함량을 측정하여(Table 2) 반응표면분석을 실시하고 회귀식(Table 3)을 도출하였다. 쥐깨풀 추출물의 총 플라보노이드 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9622이고 1% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다. 회귀분석을 통하여 예측된 정상점은 최대점이었으며, 그 값은 6.7461 mg/g이었고, 이때의 추출조건은 microwave power 159.69 W, 추출시간 1.17

분이었다(Table 4). 쥐깨풀 플라보노이드 성분은 에너지 용량 및 추출시간에 대한 의존성이 매우 높게 나타났으며 ($P < 0.01$)(Table 5), 에너지 용량은 50 W 이상부터 비교적 완만한 영향을 보이면서 3분 범위의 추출시간에 더 큰 영향을 받는 것으로 나타났다(Fig. 3). 이 같은 결과는 섬백리향 식물의 플라보노이드 성분에 대한 마이크로파 추출 연구 (10)와 유사한 경향으로써, 천연물 중 플라보노이드 성분은 150 W 범위의 마이크로파 에너지를 이용하였을 때 3~5분 정도의 추출시간에 의해서도 용이하게 추출되는 것으로 확인되었다.

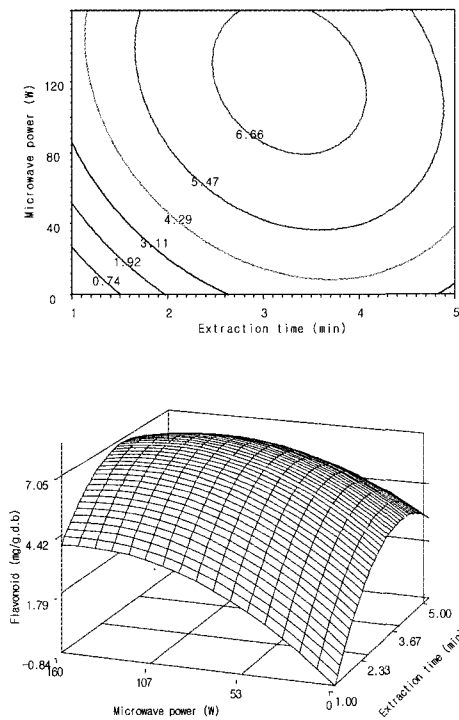


Fig. 3. Contour map (top) and response surface (bottom) for the effects of MAP extraction conditions on total flavonoids from *Mosla dianthera* M.

전자공여능

추출조건별 시료추출물의 전자공여능(Table 2)에 대하여 회귀분석을 실시하고 예측 회귀식을 도출하였다(Table 3). 회귀식의 R^2 는 0.8549이었고 유의수준은 비교적 낮게 나타났다. 예측된 정상점은 안장점(saddle point)이므로 능선분석을 실시한 결과, 최대값은 49.81%로 나타났으며, 이때의 추출조건은 microwave power 133.87 W, 추출시간 4.47 분이었다(Table 4). 추출물의 전자공여능에 대한 contour map과 반응표면은 추출시간이 길고 에너지 용량이 큰 조건에서 높은 값을 보여주었으며, 이 같은 경향은 총 추출수율과 유사한 경향임을 알 수 있었다. 그러나 추출물의 전자공여능은 추출시간보다는 에너지 용량에 영향을 더 많이 받는 것으로 나타났으나 유의성은 인정되지 않았다(Table 5). 본

Table 5. Regression analysis for regression model of total yield, total phenolics, total flavonoids, and electron donating ability(EDA) of *Mosla dianthera* M.

Extracts properties	F-ratio	
	Microwave power	Extraction time
Total yield	45.77***	27.39***
Total phenolics	6.48*	2.96
Total flavonoids	18.71***	19.37***
EDA	7.31**	0.73

***Significant at 1% level; **Significant at 5% level; *Significant at 10% level.

결과에서 추출물의 전자공여능과 총 페놀성 화합물 함량은 에너지 용량 133.87 및 136.78 W, 추출시간 4.47 및 4.40분의 추출조건 범위에서 최대값을 보여 매우 유사한 경향을 나타내었다. 이는 식물성 소재에서 총 페놀 함량은 추출물의 전자공여 작용(항산화능)과 높은 상관을 보였다는 여러 보고(10,21-23)와 같이 천연물에 함유된 총 페놀성 화합물은 전자공여능 등 환원력이 큰 특성을 지고 있음을 시사하였다.

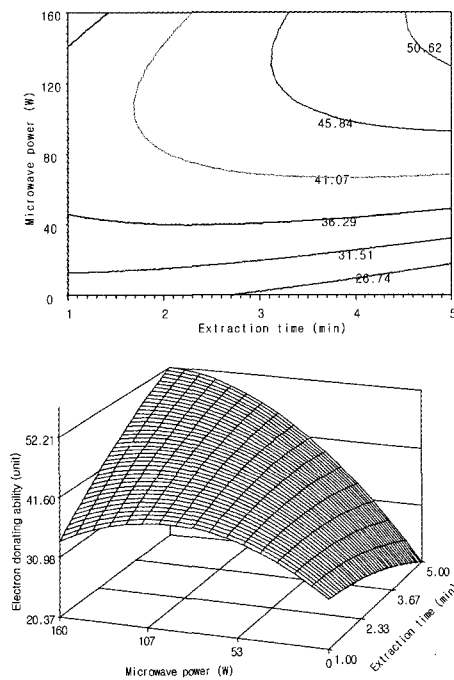


Fig. 4. Contour map (top) and response surface (bottom) for the effects of MAP extraction conditions on electron donating ability from *Mosla dianthera* M.

최적 추출조건의 예측

추출시간의 단축과 추출용매의 사용량을 줄일 수 있는 마이크로파 공정(5,7)을 이용하여 쥐깨풀 유용성분의 최적 추출조건 범위를 예측해 보았다. 이때 추출물의 총 수율(Y_1), 총 페놀성 화합물 함량(Y_2), 총 플라보노이드 함량(Y_3)

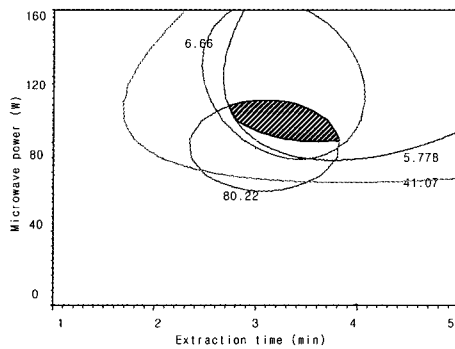


Fig. 5. Superimposed contour maps of different dependent variables for MAP extracts including total yield, total phenolics, total flavonoids and electron donating ability of *Mosla dianthera* M. as functions of microwave power and extraction time.

Table 6. Optimum extraction conditions for maximum responses of total yield, total phenolics, total flavonoids, and electron donating ability (EDA) of *Mosla dianthera* M. by superimposing their contour maps

Extraction condition	Range of optimum condition	Estimated optimum condition
Microwave power (W)	79 ~ 113	96
Extraction time (min)	2.73 ~ 3.84	3.3

및 전자공여능(Y_4)에 공통적으로 추출할 수 있는 추출조건을 얻기 위하여 이들의 각 contour map을 superimposing함으로써 최적 추출조건 범위를 예측하였다(7,14,19). 그 결과 Fig. 5에서와 같이 쥐개풀 유용성분들의 최적추출조건은 반응표면이 중복된 부분인 microwave power 79~113 W, 추출시간 2.73~3.84분(Table 6)이었으며, 이들의 중간점인 에너지 용량 96 W, 추출시간 3.3분에서의 실증시험을 통하여 예측된 조건에 대한 확인실험이 필요하다.

요 약

마이크로파에 의한 자생식물 쥐개풀(*Mosla dianthera* M.)의 유용성분을 효율적으로 추출하고자 중심합성계획에 의해 마이크로파 용량(X_1 , 0~160 W)과 추출시간(X_2 , 1~5 분)을 독립변수로 하여 75% 에탄올 추출물의 품질특성인 총 수율(Y_1), 총 페놀성 화합물 함량(Y_2), 총 플라보노이드 함량(Y_3) 및 전자공여능(Y_4)을 각각 종속변수로 하여 10개 조건에 따른 추출방법에 대한 반응표면 회귀분석하였다. 종속변수들에 대한 결정계수(R^2)는 0.8397~0.9801 범위로 나타났다. 추출물 성분들의 최대 예측값과 최적 추출조건은 총 수율 6.76%(microwave power 142 W, extraction time 4.36 min), 총 페놀 함량 78.68 mg%(136.78 W, 4.40 min), 총 플라보노이드 함량 6.75 mg/g(159.69 W, 3.17 min) 및 전자공여능 49.81%(133.87 W, 4.47 min)으로 각각 나타났다.

다. 추출물의 기능적 품질특성을 고려한 추출조건 범위는 마이크로파 용량 79~113 W, 추출시간 2.73~3.84분이었다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Korea Forest Service (2005) Korea Plants Database. Available from: <http://www.koreaplant.go.kr/koreaplants/index.htm>.
2. Naver Encyclopedia (2005) Available from: <http://100.naver.com/100.php?id=141978>
3. KFDA (2004) Standard Code for Health Functional Food. Korea Food and Drug Administration, Seoul, p.1-480
4. Ganzier, K. and Salgo, A. (1987) Microwave extraction-a new method superseding traditional soxhlet extraction. Z. Lebensm. Unters. Forsch., 184, 274-276
5. Pare, J.R.J., Sigouin, M. and Lapointe, J. (1991) Microwave-assisted natural products extraction. US Patent 5 002 784, 26, March
6. Lopez-Avila, V., Young, R. and Teplitsky, N. (1996) Microwave-assisted extraction as an alternative to soxhlet, sonication, and supercritical fluid extraction. J. AOAC Int'l., 79, 142-156
7. Kwon, J.H. (1998) High speed extraction of phytochemicals from food and natural products using microwave-assisted process. Food Sci. Ind., 31, 43-55
8. Kwon J.H., Belanger, J.M.R. and Pare, J.R.J. (2003) Optimization of microwave- assisted extraction (MAP) for ginseng components by response surface methodology. J. Agric. Food Chem., 51, 1807-1810
9. Lee, S.Y., Kang, M.J., Kwon, J.H., Shin, S.R., Lee, G.D. and Kim, K.S. (2003) Monitoring of total phenolics, electron donating ability and nitrite scavenging ability in microwave-assisted extraction for Angelica Nakai. Food Sci. Biotechnol., 12, 491-496
10. Kwon, Y.J., Noh, J.E., Lee, J.E., Lee, S.H., Choi, Y.H. and Kwon, J.H. (2005) Prediction of optimal extraction conditions in microwave-assisted process for antioxidant-related components from *Thymus quinquecostatus*. Korean J. Food Preserv., 12, 344-349
11. Myers, R.H. (1971) Response Surface Methodology.

Allyn and Bacon Inc., Boston

12. SAS (2001) SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Version 8.0, Cary, NC, USA
13. Gontard, N., Guilbert, S. and Cuq, J.L. (1992) Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *J. Food Sci.*, 57, 190-196
14. Lee, G.D., Lee J.E. and Kwon, J.H. (2000) Application of response surface methodology in the food industry. *Food and Industry*, 33, 33-45
15. Schanderl, S.H. (1970) *Methods in Food Analysis*. 2nd Edition. Academic Press, NY, USA. p. 701-725
16. Lee, J.M., Son, E.S., Oh, S.S. and Han, D.S. (2001) Contents of total flavonoid and biological activities of edible plants. *Korean J. Dietary Culture*, 16, 504-515
17. Blois, M.S. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature*, 4617, 1198-1199
18. Pare, J.R.J., Blanger, J.M.R. and Stafford, M.R. (1994) Microwave-assisted process: a new tool for the analytical laboratory. *Trends Anal. Chem.*, 13, 176-184.
19. Lee, G.D. and Kwon, J.H. (1998) The use of response surface methodology to optimize the Maillard reaction to produce melanoidins with high antioxidative and antimutagenic activities. *Int'l J. Food Sci. Technol.*, 33, 375-383
20. Lee, E.J., Lee, G.D., Choi, S.W. and Kwon, J.H. (2004) Monitoring of microwave-assisted extraction for grape seed catechins with 4-dimensional response surface methodology. 71st Annual meeting of Korean Society of Food Science and Technology, June 23-25, Yongpyeong, Kangwon, Korea, Abstract Book p.223
21. Zielinski, H. and Kozłowska, H. (2000) Antioxidant activity and total phenolics in selected cereal grains and their different morphological fractions. *J. Agric. Food Chem.*, 48, 2008-2016
22. Kwon, Y.J., Kim, K.H. and Kim H.K. (2002) Changes of total polyphenol content antioxidant activity of *Ligularia fischeri* extracts with different microwave-assisted extraction conditions. *Korean Journal of Food Preservation*, 9, 332-337
23. Kwak, C.S., Kim, S.A. and Lee, M.S. (2005) The correlation of antioxidant effects of 5 Korean common edible seaweeds and total phenol content. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 34, 1143-1150

(접수 2005년 8월 23일, 채택 2005년 10월 7일)