KOREAN J. FOOD SCI. TECHNOL.
Vol. 32, No. 1, pp. 117~124(2000)

상압조건의 마이크로웨이브 추출공정에서 가용성 인삼성분의 추출조건 최적화

권중호 · 김경은 · 이기동*
경북대학교 식품공학과, *경북과학대학 전통발효식품과

Optimization of Microwave-Assisted Extraction under Atmospheric Pressure Condition for Soluble Ginseng Components

Joong-Ho Kwon, Kyungeun Kim and Gee-Dong Lee*
Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University,
**Department of Traditional Fermented Food, Kyongbuk College of Science*

Abstract

Considering the thermal unstableness of ginseng components, microwave-assisted extraction(MAE) was performed under the atmospheric pressure condition. The monitoring of extraction characteristics and the optimization of extraction conditions were made by response surface methodology. The extraction efficiency of soluble ginseng components was high at lower ethanol concentration and at higher microwave power, while crude saponin content was easily extracted at higher ethanol concentration. Estimated conditions for the maximized extraction of soluble components including crude saponin, total phenolics and electron donating ability were 54~60% in ethanol concentration, 41~90 W in microwave power, and within 4 min in extraction time. Predicted values at the optimum condition(60% ethanol, 80 W microwave power and 4 min extraction time) were in good agreement with observed values.

Key words : ginseng, microwave-assisted extraction, atmospheric condition, optimization

서 론

고려인삼의 학명은 소련의 과학자 C.A Meyer가 1843년에 만병을 치료한다는 뜻으로 *Panax ginseng* C.A. Meyer라 명명하여 통용되고 있다[1]. 인삼의 유효성분으로 사포닌 성분의 화학적 구조가 본격적으로 구명된 이후 인삼의 화학성분에 대해 많은 연구를 통해 다당체 성분, 폴리아세칠렌계 성분, 페놀계 화합물, 정유 성분, 펩티드, 알칼로이드, 비타민 등의 성분분석이 광범위하게 수행되어 졌다. 최근에는 인삼의 비사포닌 성분에서 유효성이 있다고 밝혀져 다각적인 연구가 진행되고 있다[2]. 그러나 사포닌 이외의 지용성 미량성분들[3]에 대해서도 많은 연구들이 수행되어 여러 가지 특수 효능들이 밝혀지고 있으며, 수용성 분획물[4]에 대해서도 몇 가지 특수 효능들이 보고되고 있다. 수용성 분획물로서 산성다당체는 분자량 34,600의 pectin 유사 물질로서, 주성분은 galacturonic acid이며, 그 외 rhamnose, glucose, arabinose 등으로 구성된 hetero polysaccharide이다[4]. 인삼의 다당체는 혈당강하 성분인 panaxan A~U 등의 21종이 알려져 있고, 생체방어 기능 활성화 물질인 단백질 함유 다당체가 있으며, 그 밖에 항보체 활성다당체 등이 있다[5].

이상과 같이 인삼은 여러 가지 약리적 효능의 입증에 따라 최근에는 건강식품 소재로서의 활용도가 높아지고 있다. 그러나 아직까지 인삼업계에서는 가공제품용 원료인 엑기스의 추출을 위하여 90°C 이하의 온도에서 8시간 씩 5회 반복 추출하는 비경제적 방법이 사용되고 있는 실정이므로[6] 이에 대한 신속한 대체방안이 요구되고 있다. 이와 같은 상황에서 최근 "less time, less solvent, less energy & less wastes" 등의 환경친화적 및 경제적 장점을 지닌 마이크로웨이브 추출법이 알려지면서 여러 가지 연구들이 보고되었다. 즉, 파프리카의 색소추출[7], 셀러, 후추, 마늘 등으로부터 oleoresin의 추출[8], 육류제품의 조지방 추출[9], 서양박하잎으로부터의 정유성분 추출[10], 가압형 microwave

Corresponding author : Joong-Ho Kwon, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Sankyuk-Dong, 1370, Taegu 702-701

extraction system을 이용한 인삼성분의 추출[11] 등이 보고되고 있다.

그러나 저자들의 연구에 의하면[11] 마이크로웨브 추출공정에서 100°C 이상의 가압조건에서는 인삼성분의 열안정성이 문제점으로 확인되었다. 따라서, 본 연구에서는 추출방법의 실용성을 고려하여 상압형 마이크로웨이브 추출장치를 이용하여 반응표면분석에 의해 몇 가지 인삼 성분의 추출특성 확인과 이들의 추출조건을 최적화하였다.

재료 및 방법

재료 및 추출장치

본 실험에서는 4년근 백미삼(금산산) 제품을 구입하여 수분함량(8.22%)을 확인한 다음, 전보[12]의 결과를 바탕으로 시료를 60 mesh로 분쇄하여 추출실험에 사용하였다. Microwave 추출장치는 2,450 MHz 주파수의 상압형 추출장치(Microdigest unit, Prolabo, France)를 사용하였다. 추출장치는 에너지(power, watt, W)와 time control이 가능하며 환류냉각관이 장착되어 있다. 추출공정에서 추출물의 온도 모니터링은 Digital Megal 500 thermometer(Prolabo, France)에 의하여 측정하였 다. 가용성 인삼성분의 추출실험에서는 전보[12]에서 설정된 기본조건들을 이용하여 추출관(250 mL)에 분말시료 5 g과 용매(ethanol) 50 mL를 가하고 각 추출조건에 따라 추출물의 수율과 성분특성을 평가하였다.

추출조건 최적화를 위한 실험계획 및 결과분석

마이크로웨이브 추출공정은 microwave power, 추출시간, 용매농도 등 여러 변수에 의해 추출효율이 좌우될 수 있다. 본 실험에서는 추출특성의 모니터링과 추출조건의 최적화를 위하여 반응표면분석법(respose surface methodology, RSM)[13]을 사용하였다. 중심합성계획 (central composite design)에 의한 요인 (독립)변수(Xi)의 실험계획[14]은 Table 1과 같이 마이크로웨이브 추출공정에서 중요한 변수로 고려되는 인자 즉, 에탄올 농도(30~90%, X_1), microwave power (0~140 W, X_2), 추출시간(1~5분, X_3)을 5단계로 부호화하여 중심합성계획에 따라 Table 1과 같이 16구로 설정하여 추출실험을 실시하였다. 또한 이들 요인변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Yn) 즉, 추출물의 품질인자로서 가용성성분 수율(Y_1), 사포닌 함량(Y_2), 총페놀성 화합물(Y_3), 전자공여작용(Y_4), 산성다당체(Y_5)로 하였으며, 이들은 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다. 회귀분석에 의한 예측은 SAS(statistical analysis system) program[15]을 이용하였고, 회귀분석 결과, 임계점(critical point)이 최대점(maximum)이거나 최소점(minimum)이 아니고 안장점(saddle point)일 경우에는 능선분석(ridge anaysis)을 하여 최적점을 구하였다.

가용성 인삼성분 수율 측정

각 조건에서 얻어진 추출물의 가용성 성분 수율은 공정법[6]에 준하여 3회 반복 측정하여 시료에 대한 건

Table 1. Effect of extraction steps on total yield, crude saponin, total phenolics, electron donating ability and acidic polysaccharides of ginseng extract under different conditions based on central composite design for response surface analysis

EtOH (%,X_1)	Micro-wave power (W, X_2)	Time (min,X_3)	Total yield (%, d.b)				Crude saponin (%, d.b)				Phenolics (mg/100 mL)	EDA[1] (unit)	Acidic polysaccharide (mg/100 mL)
			1st	2nd	3rd	Total	1st	2nd	3rd	Total			
45(-1)	35(-1)	2(-1)	32.78	7.87	1.93	42.58	3.05	0.58	0.31	3.94	12.00	4.69	17.81
45(-1)	35(-1)	4(1)	34.68	8.14	2.30	45.12	3.08	0.77	0.33	4.18	12.00	10.79	15.26
45(-1)	105(1)	2(-1)	35.59	12.47	3.69	51.75	2.92	0.98	0.34	4.24	12.31	12.09	20.53
45(-1)	105(1)	4(1)	32.14	13.64	2.73	48.51	2.91	0.96	0.36	4.23	12.57	13.18	15.01
75(1)	35(-1)	2(-1)	27.06	12.65	6.19	45.90	3.03	1.12	0.34	4.49	7.58	11.33	11.07
75(1)	35(-1)	4(1)	29.33	8.49	2.96	40.78	3.70	0.36	0.39	4.45	9.46	14.16	11.57
75(1)	105(1)	2(-1)	32.87	8.22	3.68	44.76	3.76	0.69	0.23	4.68	9.88	13.40	16.80
75(1)	105(1)	4(1)	31.42	10.42	4.89	46.73	3.54	0.95	0.26	4.75	9.92	13.84	10.84
60(0)	70(0)	3(0)	33.96	9.35	2.96	46.27	3.31	0.90	0.20	4.41	12.42	14.60	11.77
60(0)	70(0)	3(0)	33.38	9.44	2.94	45.76	3.29	0.91	0.20	4.40	12.41	14.58	11.72
30(-2)	70(0)	3(0)	34.14	9.26	1.20	44.60	2.65	0.76	0.31	3.72	13.53	9.26	16.69
90(2)	70(0)	3(0)	27.51	8.40	3.78	39.69	3.93	0.95	0.22	5.10	6.62	11.44	12.79
60(0)	0(-2)	3(0)	25.97	8.03	3.26	37.25	3.26	0.87	0.35	4.48	11.04	10.35	14.33
60(0)	140(2)	3(0)	34.50	9.11	3.24	46.85	3.40	0.92	0.28	4.60	12.73	14.82	13.21
60(0)	70(0)	1(-2)	32.50	7.99	3.49	43.98	3.36	0.63	0.12	4.10	12.57	11.11	15.26
60(0)	70(0)	5(2)	28.06	10.00	2.48	40.54	3.48	0.73	0.42	4.63	13.19	14.93	12.19

[1]Electron donating ability.

물량(%)으로 나타내었다.

조사포닌 함량 측정

마이크로웨이브 추출에 의해 추출된 추출물의 조사포닌 함량은 n-butanol 추출법[16]에 따라 정량하였다. 즉, 추출액을 여과(Whatman No.42)한 후, 3,000 rpm에서 20분간 원심분리하였다. 상층액을 100 mL로 정용하여 이 중 50 mL를 55°C에서 감압 농축한 후 증류수 30 mL에 용해하고 분액깔대기에 취하여 30 mL diethyl ether로 2~3회 세척하여 지용성 성분을 제거하였다. 수층에 수포화 butanol을 30 mL씩 3회 가하여 분리하고, n-butanol 층을 농축시켜 조사포닌을 얻은 다음 105°C의 건조기에서 항량이 될 때까지 2시간 이상 건조하여 시료에 대한 건물량(%)으로 나타내었다.

총페놀성화합물 측정

각 추출물의 페놀성화합물은 Folin-Denis법[17]에 의해 비색정량하였다. 즉, 추출물을 10배 희석한 검액 1 mL에 2배 희석한 Folin-ciocalteau 시약 1 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na_2CO_3 1 mL를 넣어 진탕한 후 1시간 실온에서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

전자공여작용 측정

각 추출물의 전자공여작용은 α,α'-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH)[18]을 이용한 방법으로 측정하였다. 즉, DPPH 시약 12 mg을 absolute ethanol 100 mL에 용해한 후 증류수 100 mL를 가하고 50% ethanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 DPPH용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정한 후 시료 0.5 mL와 DPPH용액 5 mL를 혼합한 후 30초 후에 517 nm에서 흡광도를 측정한다. 이 때 전자공여작용은 시험구와 대조구의 흡광도 차이가 0.01일 때를 1 unit로 하였다.

산성다당체의 정량

추출물의 산성다당체 정량은 도 등[5]의 방법에 준하여 Carbazol-sulfuric acid 방법으로 실시하였다. 즉, 시료추출액 0.5 mL에 carbazole 0.25 mL와 conc. H_2SO_4 3 mL를 넣은 후 80°C에서 5분간 반응시키고 실온에서 15분간 냉각시켜 525 nm에서 흡광도를 측정하였다.

최적 추출조건 예측값 분석

조건별 추출물의 최적 추출조건 예측은 품질특성에 대한 contour map을 superimposing하였을 때 중복되는 부분의 범위에서 예측하였다. 또한 예측된 범위에서 임의의 점을 설정하여 회귀식에 대입한 후, 그 예측된 최적값에 대하여 실증실험을 실시하였다.

결과 및 고찰

가용성 인삼성분 추출특성

중심합성계획에 의한 추출조건별 가용성 인삼성분 수율(Y_1)은 Table 1에서와 같이 각 조건에서 1, 2, 3회 및 총수율로 나타내었고, 그 결과에 대한 반응표면 회귀식은 아래와 같다.

$$Y_{1st} = 19.717500+0.115875X_1+0.139661X_2 +6.001875X_3+0.001817X1X_2+0.019750X1X_3 -0.032393X_2X_3-0.003483X_1^2-0.000760X_2^2-0.920000X_3^2$$

$$Y_{2nd} = -7.061250+0.353417X_1+0.143214X_2 +0.703750X_3-0.003000X_1X_2-0.028333X_1X_3 +0.025929X_2X_3-0.000628X_1^2-0.000168X_2^2-0.100000X_3^2$$

$$Y_{3rd} = -3.165625+0.194208X_1+0.000482X_2 - 0.404375X_3-0.000660X_1X_2-0.011917X_1X_3 +0.011107X_2X_3-0.000511X_1^2+0.000061X_2^2+0.008750X_3^2$$

$$Y_{total} = 11.346250+0.624708X_1+0.275268X_2 +5.859375X_3-0.001845X_1X_2-0.020417X_1X_3 +0.004679X_2X_3-0.004300X_1^2-0.000809X_2^2-0.938750X_3^2$$

Table 2에서와 같이 1회 추출물에 대한 회귀식의 R^2는 0.9209이고 유의성은 5% 이내의 수준에서 인정되었다. 예측된 정상점(sationary point)은 최대점이고 이 때 최대 수율은 36.16%로 예측되었으며, 이 예측 수율을 추출할 수 있는 조건(요인변수)들은 에탄올 농도 51.93%, microwave power 116.08 W, 추출시간 1.78분이었다. 총수율에 대하여 회귀분석을 실시한 결과, 최대점에서 50.54%의 높은 수율을 얻을 수 있음을 알게 되었다. 또한 추출시간별 마이크로웨이브 추출은 3분 이내에 최대의 추출효과를 나타내었으며, 추출시간은 능선분석에 의해 4분이면 충분하였는데, 이같은 내용은 가압형 마이크로웨이브 추출에서와 유사한 결과였다[19]. 그리하여 추출시간을 4분으로 고정하고 가용성 인삼성분 함량에 대한 contour maps를 분석하여 본 결과(Fig. 1), 1회 추출에서는 에탄올 농도가 낮을수록 수율이 증가하였고 microwave power가 50~60 W 범위에서 수율이 증가하였으나, 2회 추출에서는 에탄올 농도의 영향은 거의 받지 않고 microwave power가 높을수록 증가하는 경향을 볼 수 있었다. 그리고 3회 추출에서는 에탄올로 농도와 microwave power가 증가할수록 다소 증가하였다. 그러나 3회 추출물을 모두 합친 총

Table 2. Predicted level of extraction condition for the maximum response of total yield, crude saponin, total phenolics, electron donating ability and acidic polysaccharides by the ridge analysis.

Response	Ext. step	R^2	Prob>F	EtOH (%)	Microwave power(W)	Time (min)	Maximum	Morphology
Total yield	1st	0.9209	0.0107	51.93	116.08	1.78	36.16	maximum
	2nd	0.7285	0.2467	42.13	117.14	3.88	14.74	saddle point
	3rd	0.6925	0.3199	78.63	31.70	1.88	5.55	saddle point
	Total	0.7457	0.2136	35.65	138.34	3.08	50.54	maximum
Crude saponin	1st	0.9211	0.0107	86.10	104.12	3.15	3.98	saddle point
	2nd	0.5186	0.6857	45.75	122.33	3.93	1.17	saddle point
	3rd	0.7125	0.2786	71.70	14.90	3.96	0.44	minimum
	Total	0.9082	0.0162	86.48	102.64	3.12	5.01	saddle point
Total phenolics	1st	0.9172	0.0122	41.59	100.82	1.69	13.30	saddle point
Electron donating ability	1st	0.9160	0.0127	65.77	44.72	4.82	15.07	saddle point
Acidic polysaccharides	1st	0.7826	0.1494	40.84	97.26	1.67	20.26	saddle point

추출 수율에서는 1회와 2회 추출물의 양에 영향을 받아 에탄올 농도가 낮고 microwave power가 높을수록 증가하였다. 이상의 결과에서 볼 때 마이크로웨이브에 의한 가용성 인삼성분의 추출에서는 에탄올 농도의 영향을 크게 받았는데, 이러한 결과는 이 등[11]의 가압형 마이크로웨이브 추출에서와 같은 경향이었다. 권과 김[20]은 인삼 유용성분에 대한 현행방법과 마이크로웨이브 추출방법의 비교 연구에서 마이크로웨이브 1회 추출시에는 추출수율이 서로 비슷하였으나, 마이크로웨이브의 추출횟수를 3회 반복한 결과, 추출수율이 현행방법보다 우수하다고 보고한 바 있어 마이크로웨이브 추출조건의 최적화가 보다 필요한 것으로 나타났다.

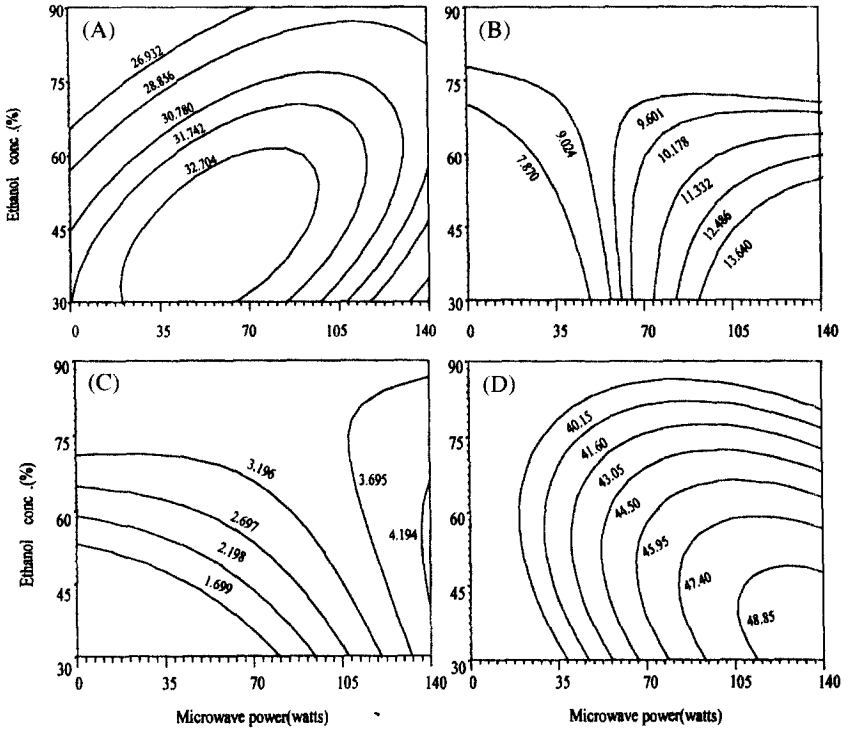

Fig. 1. Contour maps for the effect of extraction condition on 1st(A), 2nd(B), 3rd(C) and total extract(D) yield of ethanol extract from ginseng powder by microwave-assisted extraction.

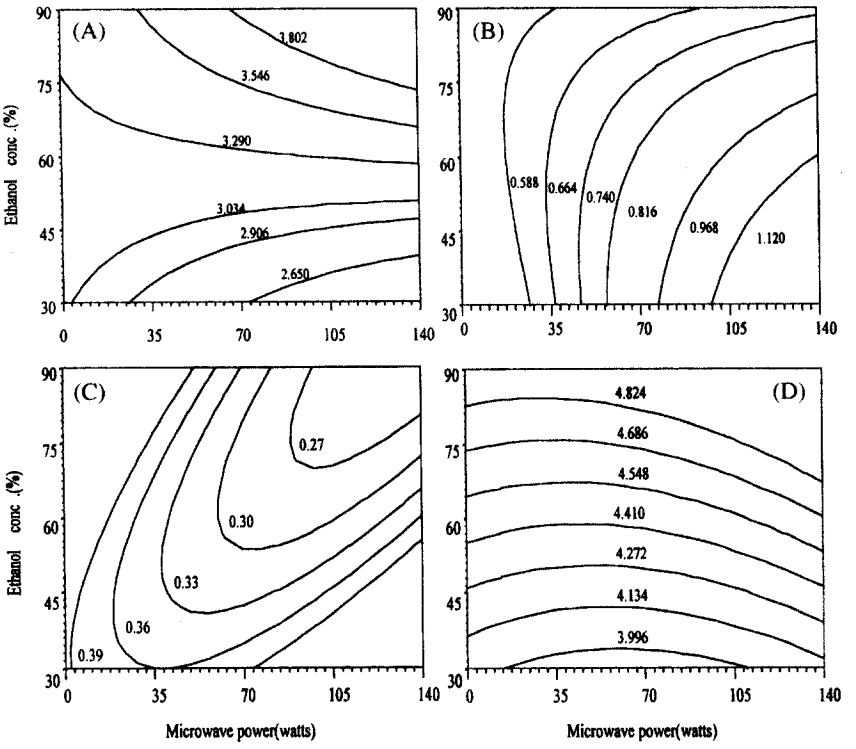

Fig. 2. Contour maps for the effect of extraction condition on 1st(A), 2nd(B), 3rd(C) and total(D) crude saponin of ethanol extract from ginseng powder by microwave-assisted extraction.

조사포닌 추출특성

추출조건에 따른 1, 2, 3회 및 총추출물의 조사포닌 함량(Y_2)에 대한 contour maps은 Fig. 2와 같고, 이 때 회귀식은 다음과 같다.

$$Y_{1st} = 2.911250-0.003292X_1-0.002054X_2-0.103125X_3 +0.000207X_1X_2+0.003583X_1X_3-0.003321X_2X_3 -0.000022X_1^2+0.000004X_2^2+0.027500X_3^2$$

$$Y_{2nd} = -0.789375+0.031458X_1-0.000732X_2 +0.461875X_3-0.000102X_1X_2-0.005583X_1X_3 +0.002893X_2X_3-0.000056X_1^2-0.000002X_2^2-0.056250X_3^2$$

$$Y_{3rd} = 0.482650-0.005917X_1+0.000643X_2 -0.075000X_3-0.000071X_1X_2+0.000333X_1X_3 -0.000071X_2X_3+0.000072X_1^2+0.000023X_2^2+0.017500X_3^2$$

$$Y_{total} = 2.657500+0.020917X_1-0.002429X_2 +0.277500X_3+0.000033X_1X_2-0.001667X_1X_3 -0.000500X_2X_3+0.000006X_1^2+0.000028X_2^2-0.010000X_3^2$$

조사포닌 함량에 대한 1회 추출물과 총추출물에 대한 회귀식의 R^2는 각각 0.9211와 0.9082이었고, 5~10% 수준에서 유의성이 인정되었다. 최적 추출을 위한 예측조건은 Table 2에 나타내었고, 이때 예측된 정상점(stationary point)은 안장점이므로 능선분석을 실시하여 본 결과, 조사포닌의 최대값은 각각 1회 추출물이 3.98%, 총 추출물이 5.01%로 예측되었다. 그리고 1회 추출물에서 최적 추출조건은 에탄올 농도 86.10%, microwave power 104.12 W, 추출시간 3.15분이었고, 사포닌 추출조건은 에탄올 농도 86.48%, microwave power 102.64 W, 추출시간 3.12분이었다. 추출조건별 조사포닌 함량 변화에 대한 contour maps를 보면, 1회 추출물에서는 에탄올 농도가 높을수록 증가하였고 microwave power의 영향은 미약하였다. 그러나 2회 추출물에서는 microwave power가 높을수록 조사포닌 함량도 증가하는 경향을 나타내었으며, 에탄올 농도의 영향은 거의 없었다. 반면 3회 추출물에서는 에탄올 농도와 microwave power가 높을수록 함량이 감소되었다. 그리고 총사포닌 추출물에서는 에탄올 농도가 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 이러한 에탄올 농도의 영향은 기존의 고려인삼 추출방법에서와 유사한 경향을 나타내었다[21,22]. 그러나 추출시간에 있어서

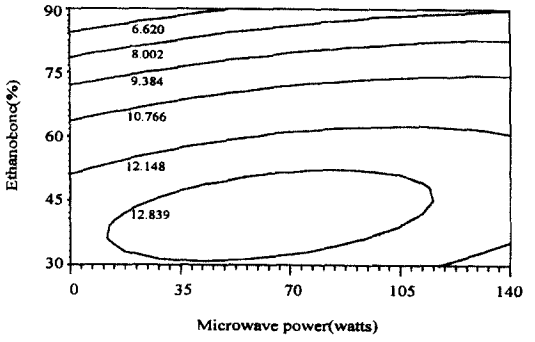

Fig. 3. Contour map for the effect of extraction condition on total phenolics of ethanol extract(1st extract) from ginseng powder by microwave-assisted extraction.

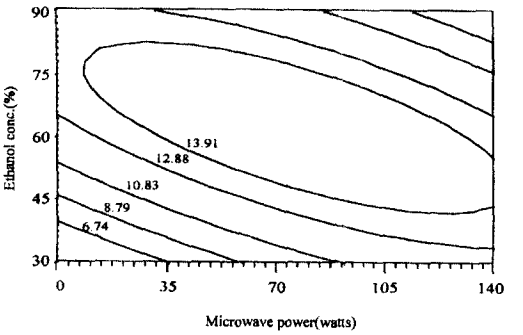

Fig. 4. Contour map for the effect of extraction condition on electron donating ability of ethanol extract (1st extract) from ginseng powder by microwave-assisted extraction.

는 기존 방법은 최소한 몇 시간이 소요되지만, 마이크로웨이브 추출법은 1/10 이상의 추출시간 단축 가능성을 보였다. 권과 김[20]은 현행방법과 마이크로웨이브 추출방법의 비교 연구에서 마이크로웨이브 추출법이 현행 추출법보다 높은 조사포닌 추출율을 나타낸다고 보고하여 마이크로웨이브 추출법은 추출시간의 단축효과는 물론 추출율도 향상시킬 수 있음을 시사하였다.

페놀성화합물 추출특성

각 조건의 추출물에서 총페놀성화합물의 함량(Y_3)은 Table 1에 나타내었다. 그리고 최적 추출조건과 contour map은 Table 2와 Fig. 3에 각각 나타내었으 며, 이들의 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = 10.301875+0.132083X_1+0.017893X_2-0.412500X_3 +0.000448X_1X_2+0.013833X_1X_3-0.005643X_2X_3 -0.002606X_1^2-0.000109X_2^2+0.043750X_3^2$$

Table 2에서와 같이 회귀식의 R^2는 0.9172였고 5% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점이므로 능선분석을 한 결과, 최대값은 13.30 mg/100 mL이었고 이때의 추출조건은 에탄올 농도 41.59%, microwave power 100.82 W, 추출시간 1.69분이었다. Fig. 3의 contour map에서 총페놀성 화합물의 함량은 추출시간 4분에서 에탄올 농도가 낮을수록 증가하였으며, microwave power의 영향은 거의 없었다. 이러한 결과는 인삼의 페놀성 화합물은 에탄올 농도에 따라 추출율이 달라졌다는 보고[19,20]와 일치하는 경향이었다.

전자공여작용 변화

마이크로웨이브 공정 조건별 추출물의 전자공여작용(Y_4)은 Table 1에 나타내었고, 그 결과의 반응표면 회귀식은 아래와 같다.

$$Y = -37.955625+0.866750X_1+0.288286X_2+7.311250X_3 -4.020000X_1X_2-1.960000X_1X_3-3.700000X_2X_3 -4.250000X_1^2-2.015000X_2^2-1.580000X_3^2$$

Table 2에서 전자공여작용의 회귀식에서 R^2는 0.9160이었고 유의성은 5% 이내의 수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점이었으므로 능선분석을 실시하여 본 결과, 전자공여작용의 최대값은 15.07 unit이었고, 이때의 요인변수들의 값은 에탄올 농도 65.77%, microwave power 44.72 W, 추출시간 4.82분이었다. 이러한 결과는 에탄올 65.77%, microwave power 44.72 W 이상의 높은 조건에서 상대적으로 전자공여작용이 떨어진다는 것을 나타낸 것이다.

전자공여작용에 대한 contour map(Fig. 4)은 추출시간 4분에서 에탄올 농도와 microwave power가 증가할수록 증가하다가 에탄올 농도가 60%이고 microwave power가 70 W에서 나타나는 능선을 지나서는 에탄올 농도와 microwave power가 증가할수록 감소하였다. 이때 전자공여작용은 에탄올 농도가 50~65%, power 50~90 W에서 가장 높게 나타났다(Fig. 4). 이것은 이[19]가 보고한 내용과 유사한 경향으로 인삼성분의 전자공여작용은 에탄올 농도가 높을수록 추출율이 증가하지만, 에탄올 농도가 70% 이상이고 microwave power가 높을 경우에는 전자공여작용을 나타내는 성분이 추출되어 나오는 경우보다 오히려 분해되거나 다른 성분과 반응하여 사라지는 것으로 여겨진다.

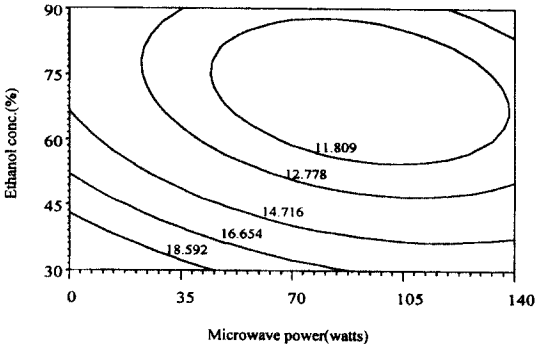

Fig. 5. Contour map for the effect of extraction condition on acidic polysaccharides of ethanol extract(1st extract) from ginseng powder by microwave-assisted extraction.

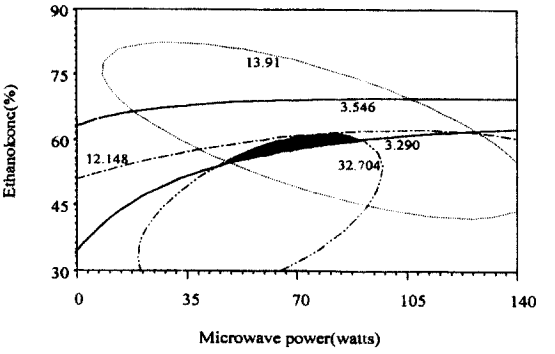

Fig. 6. Superimposed contour map of optimized condition for total yield, crude saponin, total phenolics and electron donation ability of the first ethanol extract from ginseng powder by microwave-assisted extraction. - ·· -, Total yield; —, Crude saponin; - · -, Total phenol; ····, Electron donation ability

산성다당체 추출특성

마이크로웨이브 추출조건별 산성다당체의 함량(Y_5) 변화는 Table 1과 같고, 이들의 contour map은 Fig. 5에 나타내었다. 또한 반응표면에 대한 회귀식은 다음 식과 같으며, 최적 추출을 위한 예측조건은 Table 2에 나타내었다.

$$Y = 39.827500-0.615625X_1+0.016275X_2-3.146875X3 +0.000602X_1X_2+0.021750X_1X_3-0.033679X_2X_3 +0.003328X_1^2+0.000413X_2^2+0.495000X_3^2$$

마이크로웨이브 추출에서 얻어진 산성다당체에 대한 회귀식의 R^2는 0.7826이었고, 유의성은 인정되지 않았다. 예측된 정상점은 안장점이므로 능선분석을 한 결과, 최대값은 20.26 mg/100 mL이었고, 이때 추출조건은 에탄올 농도 40.84%, microwave power 97.26 W, 추출시간 1.37분이었다(Table 2). 산성다당체 추출에 대한 contour map을 보면, 에탄올 농도와 microwave power가 높을수록 감소하였으며, 에탄올 농도에 많은 영향을 받는 것으로 나타났다. 그러나 에탄올 농도 70%, microwave power 100 W에서 나타나는 능선에서부터는 에탄올 농도와 microwave power의 변화에 따른 산성다당체의 변화는 크지 않았다. 이와 같은 결과는 인삼의 산성다당체는 높은 에탄올 농도에서 침전되고 용해되지 않았다는 도 등[5]의 보고를 잘 뒷받침하였다.

추출조건 최적화

인삼 유용성분의 마이크로웨이브 추출공정을 최적화하기 위하여 조건별 추출물의 총수율(Y_1), 조사포닌 함량(Y_2), 페놀성 화합물 함량(Y_3), 그리고 전자공여작용(Y_4)에 대한 contour maps을 superimposing하여 최적 추출조건 범위를 예측하였다. 마이크로웨이브 추출에서 공정변수 중 추출시간을 실험계획의 범위 즉, 4분으로 고정하여 반응변수들의 추출특성을 반응표면분석하였다. Fig. 6과 같이 가용성 인삼성분 수율, 조사포닌 함량, 페놀성 화합물 함량 그리고 전자공여작용을 모두 만족시키는 독립변수의 범위 즉, 검은 부분은 에탄올 농도 54~60%, microwave power 41~90 W였다(Table 3).

인삼의 품질에 관련된 성분들의 contour maps를 superimposing하여 얻은 최적 예측조건 범위 중 임의의 추출조건은 에탄올 농도 60%, microwave power 80W, 추출시간 4분으로 설정하여 실제 추출효율을 확인해 본 결과, Table 4와 같이 추출물의 품질특성으로서 가용성 성분 수율과 조사포닌 함량은 RSM기법에 의해 예측된 값과 유사한 값을 나타내어 도출된 회귀식의 신뢰성을 검증할 수 있었다.

요 약

인삼 성분의 열불안정성과 실용성을 고려하여 상압조건에서 마이크로웨이브 추출실험을 실시하면서 반응표면분석에 의해 추출조건의 최적화 및 추출특성을 모니터링하였다. 가용성 성분의 수율은 에탄올 농도가 낮고 microwave power가 높을수록, 조사포닌 함량은 에탄올 농도가 높을수록 증가하였다. 그리고 추출물의 가용성성분 함량, 조사포닌 함량, 페놀성화합물 함량, 전자공여작용 등의 추출물 특성을 모두 만족시키는 최

적 추출조건을 예측하여 보았을 때, 에탄올 농도 54~60% 범위, microwave power 41~90 W 범위, 추출시간 4분 이내로 나타났다. 예측회귀식의 신뢰성을 확인하기 위하여 예측된 추출조건의 임의의 최적점에서 실제 추출실험을 실시해 본 결과, 각 반응변수들의 예측값은 실제값과 유사하였다.

감사의 글

본 연구는 1998년도 과학기술기초중점연구(1998-024-G00094)에 의하여 수행되었으며, 지원에 감사드립니다.

문 헌

1. Park, M.G. Korean Ginseng. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon, Korea (1994)
2. Park, M.G. The Recent Korean Ginseng. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taejon, Korea(1996)
3. Lee, S.H. and Hwang, W.I. Inhibitory effect of petroleum ether of *panax ginseng* root against growth of human cancer cell. Korean J. Ginseng Sci. 10: 141-150(1986)
4. Lee, S. D., Kameda, K., Takaku, T., Sekjya, K., Hirose, K., Ohtani, K., Tanaka, O. and Okuda, H. Effect of acidic polysaccharide of red ginseng on lipolitic action of toxohormone-L form cancerous ascites fluid. Korean J. Ginseng Sci. 14: 1-5(1990)
5. Do, J.H., Lee, H.O., Lee, S.K. and Jang, J.K. Colorimetric determination of acidic polysaccharide from *panax ginseng*, its extraction condition and stability. Korean J. Ginseng Sci. 17: 139-144(1993)
6. KGTRI. Analytical Methods of Ginseng Components. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute, Taegon, Korea. pp. 56-61(1991)
7. Belanger, J.M.R. and Pare, J.R.J. Procede assiste par micro-ondes (MAP™): Applicationau paprika. Riv. Ital. EPPOS: 5. 126-135(1994)
8. Belanger, J.M.R., Belanger, A. and Pare, J.R.J. Microwave-Assissted Process(MAP™): Application to oleoresins of celery seeds and black pepper. Research Articles of Environmental Technical Centre, Environment Canada (1996)
9. Pare, J.R.R., Matni, G., Yaylayan, V., Belanger, J.M.R., Li, K., Rule, C., Thibert, B., Mathe, D. and Racquqult, P. Novel approaches in the use of the Microwave-assisted Process(MAP™) Part I: Extraction of fat from meat and meat products under atmospheric pressure conditions. Research Articles of Environmental Technical Centre, Environment Canada (1996)
10. Pare, J.R.J. and Belanger, J.M.R. Microwave-assisted process (MAP™) applications to the extraction of natural products. Proc. 28th Microwave Power Symposium, International Microwave Power Institute, Manassas, USA, (1993)
11. Lee, S.B., Lee, G.D. and Kwon, J.H. Optimization of extraction conditions for soluble ginseng components using microwave extraction system under pressure. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 409-416(1999)
12. Kim, K., Lee, G.D and Kwon, J.H. Pre-establishment of microwave-assisted extraction under atmospheric pressure condition for ginseng components. Accepted in Korean J. Food Sci. Technol. (2000)
13. Myers, R.H. Response Surface Methodology. Allyn and Bacon, Inc. Boston, USA(1971)
14. Wanasundara, P.K.J.P.D. and Shahidi, F. Optimization of Hexametaphosphate-assisted extraction of flaxseed proteins using response surface methodology. J. Food Sci. 61: 604-607(1996)
15. SAS institute, Inc. SAS/STAT User's Guide. Version 6. 4th ed. Cary, NC, USA(1988)
16. Ando, T., Tanaka, O. and Shibata, S. Chemical studies on the oriental plant drugs(XXV). Comparative studies on the saponins and sapogenins of ginseng and related crude drugs. Syoyakugaku Zasshi 25: 28-32(1971)
17. Amerine, M.A. and Ough, C. S. Methods for Analysis of Musts and Wine. Wiley & Sons, New York, pp. 176-180(1980)
18. Blios, M.S. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature 181: 1199-1203(1958)
19. Lee, S.B. Optimization of extraction conditions for soluble ginseng components using microwave extraction system under pressure. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 409-416 (1999)
20. Kwon, J.H. and Kim, K. Comparative effects of microwave-assisted process under atmospheric pressure condition and conventional process on extraction efficiencies of effective ginseng components. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28: 586-592(1999)
21. Joo, H.K. and Cho, K.S. Studies on the extracting methods of ginseng extract and saponins in *Panax ginseng*. Korean J. Ginseng Sci. 3: 40-53 (1979)
22. Lee, S.S., Park, J.M., Oh, H.I. and Kwak, H.S. Optimization of saponin extraction conditions in ginseng milk using response surface methodology. Korean J. Ginseng Sci. 18: 53-59 (1994)

(1999년 8월 30일 접수)