

반응표면분석법을 이용한 천마의 열수 추출조건 설정

김성호 · 김인호¹ · 강복희¹ · 이상한² · 김종현³ · 이진만[†]

경북과학대학 약용식품과 및 ¹바이오건강산업연구소, ²경북대학교 식품공학과, ³창원전문대학 식품영양학과

Hot-water Extraction Condition of *Gastrodia elata* Blume by Response Surface Methodology

Seong-Ho Kim, In-Ho Kim¹, Bok-Hee Kang¹, Sang-Han Lee²,
Jong-Hyun Kim³ and Jin-Man Lee[†]

Department of Herbs & Food Science, Kyungbook College of Science, Chilgok 718-851, Korea

¹Bio-Health Industrial Institute, Kyungbook College of Science, Chilgok 718-851, Korea

²Department of Food Science & Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

³Department of Food & Nutrition, Changwon College, Changwon 641-771, Korea

Abstract

In order to reduce the damage of effective components during processing, we carried out hot-water extraction monitoring in *Gastrodia elata* Blume by response surface methodology. The extraction conditions for vanillyl alcohol, vanillin and coumarin were optimized at 91.07, 93.73 and 96.30 °C, for 2.64, 2.58 and 3.84 hr, at the concentration of 15.16, 21.56 and 19.88 mL/g, respectively. The optimal condition for extraction of total phenolics was achieved at 98.14 °C, 3.20 hr and 18.63 mL/g. This study elicited regression formula for each variable, and superimposed the total optimal conditions of extraction for effective compounds and optimal condition for antioxidant characteristics dividing processing factors. It is shown that the predicted results under the extraction condition as follows: extraction temperature for 90~100 °C, extraction time for 3~4 hr, and solvent volume of 15~20 mL/g of sample.

Key words : *Gastrodia elata* Blume, extraction condition, effective component, anti-oxidative characteristics, response surface methodology

서 론

천마(*Gastrodiae Rhizoma*)는 난초과(*Orcidaceae*)에 속하는 다년생 기생초본인 천마(*Gastrodia elata* blume) 및 근연식물의 근경을 건조한 것이다(1,2). 천마는 부식질이 많은 계곡의 숲 속에서 자라는 다년초로서 높이 60~100 cm이며 잎이 없고 감자 같은 괴경이 있다. 괴경은 긴 타원형이고 길이는 보통 10~18 cm인데 찌서 말린 것이 천마이다(3). 천마에는 주로 vanillyl alcohol, vanillin 및 coumarin 등의 다양한 약리성분이 함유되어 있다고 알려져 있다(4-6). 천마의 임상적 효능들은 본초강목, 동의보감을 비롯

한 여러 본초문헌들에 널리 기록되어 있는데 주로 고혈압, 두통, 마비, 신경성 질환, 당뇨병 등의 성인병과 스트레스, 피로 등의 증상에 대하여 효능이 있는 것으로 알려져 있다(7). 우리나라의 민간에서도 일찍부터 천마를 두통과 현기증, 수족마비, 중풍, 전간(발작, 지랄병)등을 치료하는데 이용하여 왔다. 또한 항산화작용(8), 항혈전작용(9), GABA성 신경전달 조절작용(10)이 있음이 밝혀졌고 항경련 작용기전이 보고되었다(11).

천마에 관한 연구로는 천마의 일반성분과 기능성 조사(12), 건조방법에 따른 천마의 성분분석(13), 천마의 여러 가지 효능에 대한 실험적 연구(14), 천마의 항혈소판 및 항혈전성에 대한 연구(9), 천마의 엑기스가 관상순환기에 미치는 영향에 대한 보고(15) 정도가 있을 뿐이다. 한편 그동안 천마는 식품의약품안전청으로부터 식품원료의

[†]Corresponding author. E-mail : jmlee4151@hanmail.net
Phone : 82-54-972-9543, Fax : 82-54-971-9010

사용 불가품목으로 규제되어 가공식품으로의 이용이 제한되어 왔지만 2000년 9월 1일부터 식품원료로 사용이 가능해짐에 따라 드링크 제품이나 농축액기스류, 차류 등의 천마가공식품 개발에 기초적인 자료로 활용될 수 있는 천마 추출물의 특성에 대한 연구가 시급한 실정이다.

따라서 본 연구에서는 천마를 건강기능성 식품소재로 활용하기 위하여 유효성분이 많이 포함된 열수 추출물을 얻고자 반응표면분석에 의해 열수 추출물의 이화학적 특성을 모니터링하고 추출조건을 최적화하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용된 천마는 2004년 5월에 경북 칠곡군 일대에서 생산한 것을 사용하였다. 천마는 동결 보관하였으며, 실험시에는 증자 후 건조시킨 다음 분쇄기로 분쇄한 후 시료로 사용하였다.

일반성분 및 무기성분 분석

일반성분으로서 수분과 회분 함량은 AOAC법(16)에 준하여 105℃ 상압건조법과 직접 회화법을 이용하여 측정하였다. 조단백질은 자동질소분해증류장치(Kjedahl automatic distillation unit, J. P. Selecta. s. a. Co., Spain)에 의해, 조지방은 용매자동회수지방추출장치(Del-gras, J. P. Selecta. s. a. Co., Spain)를 사용하여 측정하였고, 무기성분은 시료를 건식 분해한 다음 일정량을 취하여 0.45 µm membrane filter로 여과한 후 원자흡광분광기(Analyst 100/300 Atomic absorption spectrometer, Perkin-Elmer Co., USA)를 이용하여 목적하는 무기성분의 분석조건에 따라 검량선을 작성하고 이를 토대로 시험용액을 분석하였다.

추출조건 설정을 위한 실험계획

본 실험에서는 열수 추출 특성의 모니터링과 추출조건의 최적화를 알기 위하여 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)(17)을 사용하였고, 추출조건에 대한 실험계획은 중심합성계획을 실시하여 추출공정에 중요한 독립변수(X_i)로 고려되는 인자 즉, 추출온도(X_1), 추출시간(X_2) 및 시료에 대한 용매비(X_3)에 대한 실험범위를 설정하여 각각을 5단계 부호화하였으며(Table 1), 중심합성계획에 따라 16구로 설정하여 추출실험을 하였다. 또한 이들 독립변수에 영향을 받는 종속변수(Y_n) 즉, 추출물의 품질인자로서는 vanillyl alcohol(Y_1), vanillin(Y_2), coumarin(Y_3), 총 페놀성 화합물 함량(Y_4) 및 전자공여능(Y_5)을 측정하여 그 값을 회귀분석에 사용하였으며, 이때 세 개의 독립변수와 종속변수에 대한 2차 회귀 모형식은 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2$$

Table 1. Experimental design of hot-water extraction conditions for *Gastrodia elata* Blume

Extraction conditions	-2	-1	0	1	2
X_1 Temperature (°C)	60	70	80	90	100
X_2 Time (hr)	2	3	4	5	6
X_3 Solvent per sample (mL/g)	10	15	20	25	30

여기서 Y는 종속(반응)변수, X_1 , X_2 , X_3 는 독립(요인)변수, b_0 는 절편, b_n 는 회귀계수이다.

회귀분석에 의한 모델식의 예측은 SAS(statistical analysis system) program(18)을 이용하였으며 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 또한 각 독립변수가 종속변수에 미치는 영향은 예측된 모델식을 바탕으로 Mathematica program(19)을 이용하여 4차원 반응표면 분석으로 해석하였다.

Vanillyl 알코올, vanillin 및 coumarin 함량 분석

Vanillyl alcohol, vanillin 및 coumarin의 분석(20)은 Table 2의 조건에 따라 HPLC를 이용하여 분석하였다. Vanillyl 알코올, vanillin 및 coumarin(Sigma, USA)의 동정은 표준품의 retention time과 비교하여 동정하였고, 함량은 자동분석기에 의해서 계산된 함량으로 나타내었다.

Table 2. Operating conditions of HPLC

Specification	Conditions
Instrument	Shimadzu LC-10AT
Column	XTerra RP ₁₈ (3.0 × 250 mm, pore size 5 µm, Waters Co., USA)
Mobile phase	A : 2% Acetic acid, B : Methanol
Gradient	B : 15% - 40%(22.5 min), 40%(4.5 min) - 63%(13.5 min), 63%(1.5 min) - 99%(10 min)
Flow rate	0.8 mL/min
Detector	UV 254 nm

총 페놀성 화합물의 함량 측정

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis법(21)에 따라 비색정량하였다. 즉 각 시험용액을 일정하게 희석한 검액 2 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 2 mL를 가하여 혼합하고, 3분 후 10% Na₂CO₃ 2 mL를 넣어 진탕하고 1시간 실온에서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 표준물질로는 tannic acid를 5~50 µg/mL의 농도로 조제하여 검량곡선의 작성에 사용하였다.

전자공여능 측정

시험용액의 전자공여능(electron donating ability, EDA) 시험은 α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl(DPPH)를 사용한 방법(22)으로 측정하였다. 즉, DPPH 시약 12 mg을 absolute ethanol 100 mL에 용해한 후 증류수 100 mL를 가하고 50% ethanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정하였다. 이 용액 4 mL를 취하여 시험용액 1 mL와 혼합한 후 상온에서 10분간 방치시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능으로 하였다.

결과 및 고찰

일반성분

건조 천마의 일반성분을 분석한 결과는 Table 3과 같이 수분 3.25%, 회분 3.91%, 조단백질 7.52%, 조지방 0.65% 및 탄수화물이 84.67%로 각각 나타났다. 한편 건조 천마는 생천마와 달리 주성분이 단백질과 탄수화물로서 Chung과 Ji(12)는 건조 천마의 일반성분으로 수분 11.8%, 회분 3.2%, 조단백질 7.6%, 조지방 0.5% 및 탄수화물 72.9%로 보고하여, 본 실험의 수분과 탄수화물 결과와는 약간의 차이가 있었다.

Table 3. Proximate composition of *Gastrodia elata* Blume
(unit : %, dry basis)

Moisture	Crude Protein	Crude Fat	Ash	Carbohydrate
3.25	7.52	0.65	3.91	84.67

무기성분

천마에 함유된 무기질 함량은 Table 4와 같이 K이 1186.52 mg%로 가장 높게 나타났고 다음은 Ca, Mg, Na의 순으로 높게 함유되어 있었다. 본 결과는 Kim 등(15)이 K, Ca, Mg, Na 순으로 무기질이 높게 함유되어 있다고 한 결과와 Lee 등(23)이 K, Na, Ca, Mg 순으로 함량이 높았다는 보고와 일치하였다.

Table 4. Mineral composition of *Gastrodia elata* Blume
(unit : mg%, dry basis)

Ca	Fe	K	Mg	Na	Zn
95.46	8.31	1186.52	35.92	23.23	0.76

열수 추출조건 최적화

천마의 유효성분을 열수에서 효과적으로 추출하기 위한 최적 추출조건 설정을 위해 추출온도(60, 70, 80, 90, 100°C), 추출시간(2, 3, 4, 5, 6 hr) 및 시료에 대한 용매비(10, 15, 20, 25, 30 mL/g)를 독립변수로 하여 중심합성계획에 의해 설계된 16구의 추출조건에서 얻어진 추출물의 유효성분 함량 및 항산화적 특성 변화를 살펴보았다.

천마로부터 최적 추출물을 얻기 위해 각각의 조건에서 추출한 추출물의 유효성분 함량은 Table 5와 같다. Vanillyl alcohol의 경우 43.38~65.82 mg/L, vanillin은 2.26~4.13 mg/L, coumarin의 함량은 1.11~2.01 mg/L 범위의 값을 나타내었으며, 총 페놀성 화합물 함량은 26.53~36.26 mg%, 전자공여능은 20.41~35.01% 범위의 값을 나타내었다. 또한 독립변수인 추출시간, 추출시간 및 용매에 대한 시료비의 추출조건에 대한 종속변수인 vanillyl alcohol, vanillin, coumarin, 총 페놀성 화합물 함량 및 전자공여능의 이차항 회귀식은 Table 6과 같다.

추출물의 vanillyl 알코올 함량

천마로부터 최적 추출물을 얻기 위해 각각의 조건에서 추출한 추출물의 vanillyl alcohol 함량은 Table 5와 같다. 이러한 결과를 이용하여 추출조건과 추출물의 vanillyl alcohol 함량에 대한 반응표면 회귀식은 Table 6에 나타내었다. Vanillyl alcohol 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.8604로서 5%이내에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 최대점으로 최대값이 64.31 mg/L로 예측되었고, 이때 추출조건은 추출온도 91.07°C, 추출시간 2.64 hr 및 시료에 대한 용매비 15.16 mL/g이었다(Table 7). Fig. 1의 반응표면에서 보면 추출온도가 80~100°C의 범위에서 가장 높은 함량을 나타내는 것을 알 수 있었다. 또한 Table 8에서와 같이 vanillyl alcohol에 대한 추출조건의 영향은 추출온도에 영향을 가장 크게 받으며, 시료에 대한 용매비 및 추출시간에 따른 영향은 작게 나타났다.

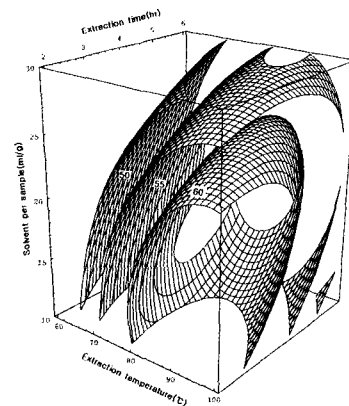


Fig. 1. Response surface for vanillyl alcohol contents at constant values (vanillyl alcohol contents : 50, 55, 60 mg/L) as a function of extraction temperature, time and solvent per sample of *Gastrodia elata* Blume.

Table 5. Experimental data on vanillyl alcohol, vanillin, coumarin, total phenolics content and electron donating ability of *Gastrodia elata* Blume under different hot-water extraction conditions based on central composite design by response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Extraction conditions			Vanillyl alcohol content (mg/L)	Vanillin content (mg/L)	Coumarin content (mg/L)	Total phenolics content (mg%)	Electron donating ability (%)
	Temp.(°C)	Time (hr)	Solvent per sample (mL/g)					
1	70	3	15	58.77	2.26	1.29	27.18	20.41
2	70	3	25	47.33	2.91	1.11	29.20	21.01
3	70	5	15	61.27	3.58	1.62	31.92	21.61
4	70	5	25	55.84	3.32	1.70	33.57	25.84
5	90	3	15	65.82	3.98	1.95	35.94	30.11
6	90	3	25	60.17	4.13	2.01	36.26	28.99
7	90	5	15	64.84	3.21	1.40	35.56	34.22
8	90	5	25	61.17	3.03	1.34	36.12	25.82
9	80	4	20	59.52	3.43	1.77	34.12	28.25
10	80	4	20	59.52	3.43	1.77	34.12	28.25
11	60	4	20	43.38	2.03	1.20	26.53	21.61
12	100	4	20	58.99	3.19	1.68	34.99	35.01
13	80	2	20	56.36	2.90	1.16	29.77	25.99
14	80	6	20	58.49	3.16	1.24	33.55	22.81
15	80	4	10	57.43	3.21	1.31	31.45	23.74
16	80	4	30	50.05	2.93	1.30	29.78	22.72

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

Table 6. Polynomial equations calculated by RSM program for hot-water extraction conditions of *Gastrodia elata* Blume

Response	Second order Polynomials	R ²	Significance
Vanillin content	YVC = - 35.607500 + 0.599250X ₁ + 5.063750X ₂ + 0.398500X ₃ - 0.002325X ₁ ² - 0.0450 - 0.102000X ₂ ² - 0.001050X ₁ X ₃ - 0.031000X ₂ X ₃ - 0.004700X ₃ ²	0.8860	0.0291
Vanillyl alcohol content	YVAC = - 124.055625 + 3.921063X ₁ + 12.340625X ₂ - 0.468875X ₃ - 0.021088X ₁ ² - 0.137375X ₁ X ₂ - 0.548750X ₂ ² + 0.018875X ₁ X ₃ + 0.199750X ₂ X ₃ - 0.057800X ₃ ²	0.8604	0.0497
Coumarin content	YCC = - 16.141875 + 0.242125X ₁ + 3.181250X ₂ + 0.146500X ₃ - 0.000800X ₁ ² - 0.026750X ₁ X ₂ - 0.140000X ₂ ² - 0.000250X ₁ X ₃ + 0.003500X ₂ X ₃ - 0.004550X ₃ ²	0.9243	0.0095
Total phenolics content	YTPC = - 114.911250 + 2.180313X ₁ + 15.484375X ₂ + 1.960125X ₃ - 0.008225X ₁ ² - 0.120375X ₁ X ₂ - 0.597500X ₂ ² - 0.006975X ₁ X ₃ - 0.003250X ₂ X ₃ - 0.034350X ₃ ²	0.9083	0.0164
Electron donating ability	YEDA = - 118.126875 + 1.300688X ₁ + 14.633125X ₂ + 5.154875X ₃ + 0.000175X ₁ ² - 0.063625X ₁ X ₂ - 0.960000X ₂ ² - 0.035875X ₁ X ₃ - 0.091250X ₂ X ₃ - 0.050100X ₃ ²	0.9110	0.0149

추출물의 vanillin 함량

천마의 열수 추출 최적화를 위한 추출조건에 따른 vanillin 함량의 변화에 대한 반응표면은 Fig. 2에 나타내었다. 추출조건에 있어서 세 가지 조건변수인 온도, 시간 및 시료에 대한 용매비에 따른 vanillin 함량 변화에 대한 반응표면 회귀식은 Table 6과 같으며, R²는 0.8860으로 유의성이 5% 이내의 수준에서 인정되었다. 추출조건에 따른 vanillin 함량의 최대수치를 구하고자 능선분석을 실시한 결과, Table 7과 같이 vanillin 함량의 최대치는 추출온도 93.11°C, 추출시간 2.53 hr 및 시료에 대한 용매비 21.86 mL/g로 나타났다. 천마의 vanillin 함량에 대한 추출조건에 대한 영향

(Table 8)은 추출온도의 영향을 주로 받고 있었으며, 다음으로 추출시간에 다소 받았으나, 시료에 대한 용매비의 영향은 거의 받지 않았다. 4차원 반응표면을 통한 천마 추출물의 vanillin 함량의 변화는 추출온도가 높을수록 증가하였으며, 낮은 온도에서는 추출시간이 경과함에 따라 vanillin 함량도 증가하였으나, 높은 온도에서는 추출시간이 짧을수록 함량이 증가하였다.

추출물의 coumarin 함량

각 조건의 추출물의 coumarin 함량은 Table 5와 같으며, 이 결과를 이용하여 반응표면 회귀분석을 실시하고, 각 요

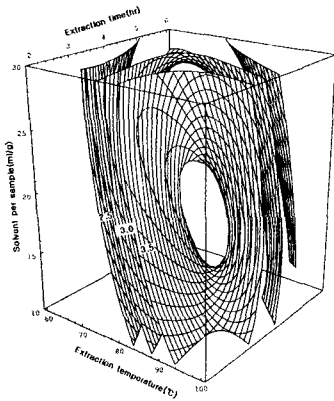


Fig. 2. Response surface for vanillin contents at constant values (vanillin : 2.5, 3.0, 3.5 mg/L) as a function of extraction temperature, time and solvent per sample of *Gastrodia elata* Blume.

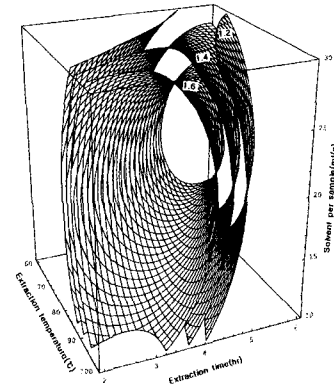


Fig. 3. Response surface for coumarin contents at constant values (coumarin contents : 1.2, 1.4, 1.6 mg/L) as a function of extraction temperature, time and solvent per sample of *Gastrodia elata* Blume.

인 변수에 따른 반응변수 즉, coumarin 함량에 대한 회귀식은 Table 6에 나타난 것과 같이 구하였다. 추출조건별 추출물의 coumarin 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9243로 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 추출조건에 따라 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 한 결과 최대값은 2.13 mg/L이었고, 이때 추출조건은 추출온도 96.30°C, 추출시간 2.84 hr 및 시료에 대한 용매비 19.88 mL/g이었다 (Table 7). 추출물의 coumarin 함량은 Fig. 3의 반응표면에서와 같이 안장점의 형태를 나타내었으며, 추출온도가 높고, 추출시간이 길수록 함량이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 추출조건의 영향은 Table 8에서와 같이 추출온도와 추출시간에 가장 큰 영향을 받고 있었으며, 시료에 대한 용매비에도 영향을 받고 있는 것으로 나타났다. 이와 같이 천마의 coumarin 함량에는 추출온도와 추출시간이 크게 영향을 미친다고 볼 수 있다.

총 페놀성 화합물 함량 및 전자공여능

추출조건별 추출물의 총 페놀성 화합물 함량은 Table 5에 나타내었고, 이를 회귀분석하여 본 결과 회귀식의 R^2 는 0.9083로 5% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다. 또한 온도, 시간, 시료에 대한 용매비의 추출조건에 따른 총 페놀성 화합물 함량의 4차원 반응표면분석에서 (Fig. 4) 예측된 정상점이 최대점으로 총 페놀성 화합물의 최대값은 37.12 mg%이었고, 이때의 추출조건은 추출온도 98.14°C, 추출시간 3.20 hr 및 시료에 대한 용매비 18.63 mL/g이었다 (Table 7). 추출조건의 영향은 Table 8에서와 같이 추출온도의 영향이 가장 크며, 추출시간의 영향은 낮은 것으로 나타났다. 그러나 설정된 범위 내에서 시료에 대한 용매비에 대한 영향은 거의 나타나지 않았다. 추출조건에 따른 전자공여능의 변화는 Table 5에 나타내었다. 천마의 전자공여능에 대한 추출물의 R^2 는 0.9110이고, 유의성은 5% 이내의 수준에서 인정되었다. Table 7과 같이 천마 추출물의 전자공여

Table 7. Predicted levels of hot-water extraction conditions of *Gastrodia elata* Blume for the maximum responses of variables by the ridge analysis

Responses	R^2	Pro>F	$X_1^{1)}$ (°C)	$X_2^{2)}$ (hr)	$X_3^{3)}$ (mL/g)	Maximum	Morphology
Vanillin content	0.8860	0.0291	93.11	2.53	21.86	4.19	Saddle oint
Vanillyl alcohol content	0.8604	0.0497	91.07	2.64	15.16	64.29	Maximum
Coumarin content	0.9243	0.0095	96.30	2.84	19.88	2.13	Saddle oint
Total phenolics content	0.9083	0.0161	98.14	3.20	18.63	37.12	Maximum
Electron donating ability	0.9110	0.0149	98.62	3.82	16.46	37.07	Saddle oint

¹⁾Extraction temperature (°C), ²⁾Extraction time (hr), ³⁾Solvent per sample (mL/g).

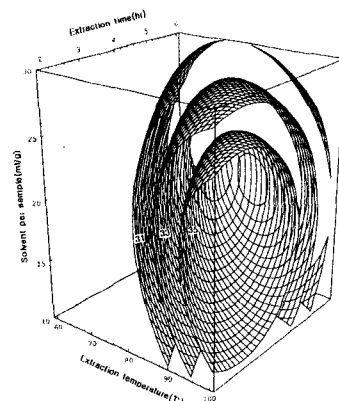


Fig. 4. Response surface for total phenolics contents at constant values (total phenolics contents : 31, 33, 35 mg%) as a function of extraction temperature, time and solvent per sample of *Gastrodia elata* Blume.

Table 8. Regression analysis for regression model of variables in extraction condition

Extraction condition	F-Ratio		
	Extraction temperature (°C)	Extraction time (hr)	Solvent per sample (mL/g)
Vanillin content	11.02***	6.07**	1.34
Vanillyl alcohol content	6.41**	0.86	3.11*
Coumarin content	14.29***	13.95***	3.32*
Total phenolics content	12.64***	3.60*	1.38
Electron donating ability	12.83***	1.09	3.05*

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

능의 최적 예측 조건은 추출온도 98.62°C, 추출시간 3.82 hr 및 시료에 대한 용매비 16.46 mL/g으로 나타났으며, 최대 값은 37.06%로 예측되었으며, 앞서 확인한 페놀성 화합물의 최적 조건과 차이가 없어 페놀성 화합물이 강한 항산화성을 가지고 있다는 기존의 알려진 사실과 일치하는 결과를 보였다. 천연물에서 얻어지는 항산화성 물질은 주로 페놀성 화합물과 flavonoid류의 화합물로서 특히 caffeic acid, chlorogenic acid, gentistic acid 등이 강한 항산화 효과가 있음이 밝혀졌으며, 다류 추출물의 항산화 효과는 총 페놀성 화합물 함량 및 전자공여능과 밀접한 관계가 있다고 보고(24)하였다. Fig. 5에서와 같이 추출온도에 가장 큰 영향을 받아 추출온도가 높을수록 증가하는 경향을 보였다. 전자공여능에 대한 천마의 추출조건의 영향은 Table 8과 같이 추출온도, 시료에 대한 용매비 순으로 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 추출시간에 대한 영향은 거의 나타나지 않았다.

최적 추출조건의 예측

천마의 추출조건을 설정하기 위하여 천마의 유효성분 함량과 항산화적 특성을 모두 만족시켜주는 최적 추출조건을 얻고자 각 반응표면을 superimposing하여 결과를 Table 9에 최적 조건을 나타내었다. 천마 열수 추출의 최적 조건 범위는 추출온도 90~100°C, 추출시간 3~4 hr 및 시료에 대한 용매비 15~20 mL/g으로 나타났다.

Table 9. The range of optimum hot-water extraction condition for maximum response variables by superimposing response surface of variables yielding in the extraction of *Gastrodia elata* Blume

Extraction Condition	Range of predicted condition (optional point)
Temperature (°C)	90~100
Time (hr)	3~4
Solvent per sample (mL/g)	15~20

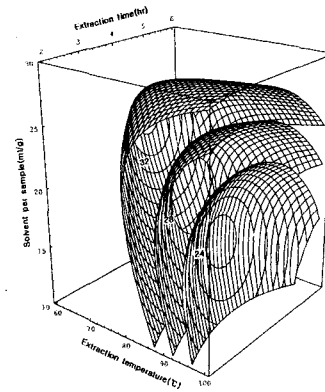


Fig. 5. Response surface for electron donation ability at constant values (electron donation ability : 24, 28, 32%) as a function of extraction temperature, time and solvent per sample of *Gastrodia elata* Blume.

요 약

천마를 건강기능식품가공소재로서 효율적으로 이용하기 위해서는 가공 중 일어날 수 있는 유효성분의 파괴를 최소화 하는 것이 필요하다. 본 연구에서는 전처리 과정 중 추출조건별로 천마의 유효성분 함량 및 항산화적 특성을 반응표면분석법으로 모니터링하여 최적 추출조건을 설정하였다. 천마 열수 추출물의 vanillyl alcohol 함량은 추출온도 91.07°C, 추출시간 2.64 hr 및 시료에 대한 용매비 15.16 mL/g에서 가장 높은 함량을 나타내었고, vanillin 함량은 93.73°C, 2.58 hr, 21.56 mL/g에서 coumarin 함량은 96.30°C, 3.84 hr, 19.88 mL/g에서 각각 최고의 함량을 나타내는 것으로 예측되었다. 총 페놀성 화합물의 함량은 추출온도 98.14°C, 추출시간 3.20 hr 및 시료에 대한 용매비 18.63 mL/g, 전자공여능에 대한 최적 조건은 98.62°C, 3.82 hr, 16.46 mL/g 등으로 각각 나타났다. 각 변수에 대한 회귀식을 도출하여 공정 인자별 천마의 유효성분 및 항산화적 특성에 대한 최적 추출조건을 superimposing한 결과 추출온도 90~100°C, 추출시간 3~4 hr 및 시료에 대한 용매비 15~20 mL/g의 범위로 각각 예측되었다.

감사의 글

본 연구는 경상북도/안동시 바이오산업기술개발(산업화)과제의 연구지원으로 수행된 결과의 일부로 이에 감사드립니다.

참고문헌

1. Society of Oriental Medicine. (1993) The Modern

- Oriental Medicine. Hakchang-sa, Seoul, Korea, p. 446-447
2. Ku, B.H. (1991) Experimental studies on the pharmaceutical effects of *Gastrodiae elata* M.S. thesis, Kyung-Hee Univ., Seoul, Korea
 3. Sin, K.G. (1980) In Sinssi Herbology, Sumunsa, Seoul, Korea, p. 288-290
 4. Wu, H.Q., Xie, L., Jin, X.N., Ge, Q., Jin, H. and Liu, G.Q. (1989) The effect of vanillin on the fully amygdala-kindled seizures in the rat. Yao-Hsueh-Hsueh-Pao 24, 482-489
 5. Lin, J.H., Liu, Y.C., Hau, J.P. and Wen, K.C. (1996) Parishins B and C from rhizomes of *Gastrodia elata*. Phytochem. 42, 549-551
 6. Taquchi, H., Yosioka, I., Yamasaki, K. and Kim, Z.H. (1981) Studies on the constituents of *Gastrodia elata* Blume. Chem. Pharm. Bull., 29, 55-62
 7. Kim, C.M., Sin, M.K., An, D.K. and Lee, K.S. (1997) In Zoungyank Dictionary. Jungdam, Seoul, Korea, p. 4105-4110
 8. Huh, K., Kim, J.S., Kwon, T.H., Kim, J.A., Yoag, C. S., Ha, J.H. and Lee, D.U. (1998) The mechanism of anticonvulsive effect of the rhizoma of *Gastrodia elata* in pentylenetetrazole treated rats. J. Kor. Pharm. Sci. 42, 330-335
 9. Park, Y.S., Song, J.K., Yoon, C.H., Chung, K.S. and Yun-Choi, H.S. (1995) Anti-platelet and anti- thrombotic effects of *Gastrodia elata*. Kor. J. Pharmacogn. 26, 385-389
 10. Ha, J.H., Lee, D.U., Eah, K.Y., Ha, J.S., Kim, H.J., Yoag, C.S. and Huh, K. (1997) Modulation of ligand binding to the GABA-benzodiazepine receptor complex by *Gastrodia elata* Blume. J. Appl. Pharmacol. 5, 325-330
 11. Huh, K., Yi, S.J., Shin, U.S. and Park, J.M. (1995) Effect of the ether fraction of *Gastrodia ealta* methanol extract on the pentylenetetrazole-induced seizures. J. Appl. Pharmacol. 3, 199-204
 12. Chung, H.S. and Ji, G.E. (1996) Composition and functionality of Chonma. Kor. J. Food Sci. Technol., 28, 53-57
 13. Shin, C.S., Park, C.K., Lee, J.W., Lee, J.G., Jang, C. K. and Kim, Y.K. (1999) Analysis of the components with freeze drying and steam drying of *Gastrodia elata* Blume. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 28, 1058-1063.
 14. Ku, B.H. (1991) Experimental studies on the pharmaceutical effects of *Gastrodiae elata*, M. S. thesis, Kyung Hee University, Seoul, Korea.
 15. Kim, E.J., Ji, G.E. and Kang, Y.H. (1994) Effects of *Gastrodia Rhezoma* extracts on global coronary circulation in rats. Kor. J. Food Sci. Technol. 26, 213-220.
 16. A. O. A. C. (1995) Official Methods of Analysis, 16th ed., Association of Official Analytical Chemists. Washington D. C., USA
 17. Wanasundara, P.K.J.P.D. and Shahidi, F. (1996) Optimization of hexametaphosph-ate-assisted extraction of flaxseed proteins using response surface methodology. J. Food Sci. 6, 604-607
 18. SAS institute, Inc. (1988) In SAS/STAR User's Guide, Version 6. Cary, NC, USA
 19. Martha, L.A. and James, P.B. (1992) The mathematica handbook, compatible with mathematica version 2.0, An inprint of academic press, Inc. Harcourt Brace & Co., Massachusetts, p. 15-511
 20. Shaz, W.S. (1985) HPLC determination of *Gastrodia* and 4-hydroxybenzyl alcohol in *Gastrodia ealta*. Yaown Fenxi Zashi. 5, 218-221
 21. Amerine, M.A. and Ough, C.S. (1980) Methods for analysis of musts and win. Wiley & Sons, New York, p. 176-180
 22. Blios, M.S. (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical, Nature. 181, 1199-1200
 23. Lee, B.Y., Choi, H.S. and Hwang, J.B. (2002) Analysis of food components of *Gastrodiae Rhizoma* and changes in several characteristics at the various drying conditions, Kor. J. Food Sci. Technol. 34, 37-42
 24. Chung, H.J. (1999) Antioxidative effect of ethanolic extracts of some tea materials on red pepper seed oil. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 28, 1316-1320