

반응표면분석법을 이용한 감초의 유용성분 열수추출공정 최적화

전주영, 하선용, 김윤지, 이지은, 최용희*
경북대학교 식품공학과

Optimization of the Hot-Water Extraction Process of Functional Components from *Glycyrrhiza uralensis* Using a Response Surface Methodology

Ju-Yeong Jeon, Sun-Yeong Ha, Yun-Ji Kim, Ji-Eun Lee, Yong-Hee Choi*

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University

Abstract

This study was conducted to monitor the yields of useful substances extracted from *glycyrrhiza*. Optimization of extraction process was carried out by using response surface methodology under different extraction conditions. A central composite design was applied to investigate the effects of independent variables such as added solvent ratio(X_1), extraction temperature(X_2) and extraction time(X_3) on dependent variables such as soluble solid contents(Y_1), total phenols(Y_2), electron donating ability(Y_3), browning color(Y_4) and reducing sugar contents(Y_5). Soluble solid contents were affected by extraction temperature and extraction time. The maximum soluble solid contents were at 22.08 mL/g(X_1), 67.09°C(X_2) and 71.25 min(X_3) in saddle point. Total phenols rarely affected by solvent ratio and extraction temperature, but it was highly affected by extraction time. The maximum total phenols were 3.31 µg/mL at 19.94 mL/g(X_1), 71.51°C(X_2), 109.94 min(X_3). The electron donating ability was affected by extraction temperature and extraction time. The maximum electron donating ability was 74.50% at 20.2 mL/g(X_1), 50.04°C(X_2), 88.92 min(X_3) in saddle point. The browning color was affected by extraction time. The maximum browning color was at 11.85 mL/g(X_1), 73.92°C(X_2), 100.94 min(X_3) in saddle point. The maximum value of reducing sugar content was at 14.52 mL/g(X_1), 77.14°C(X_2), 74.87 min(X_3).

Key words: *Glycyrrhiza uralensis*, hot-water extraction, response surface methodology

서 론

오늘날 well-being 열풍으로 인해 안전한 식생활에 대한 관심이 급증되었다. 대중 매체에서도 식품에 관한 지식이 많이 제공되고, 그로 인해 대부분의 사람들이 식품에 관한 지식을 많이 알게 되었다. 따라서 보다 안전하고 생리활성 기능이 뛰어난 건강 기능성 식품이 이슈가 되었고 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 또한 더 젊고 더 건강한 삶을 영위하고 싶은 사람들의 욕구로 인해 안전한 천연 항산화제에 많은 관심이 쏟아지고 있는 실정이다. 천연 항산화제는 비타민류, 페놀성 화합물인 flavonoids를 포함하는데 식물체 유래 천연물, 그리고 저분자 물질인 향기 성분들도 포함된다. 페놀 성분은 식물체에 특수한 색을 부여하고 미생물의 공격을 막아 식물 자체를 보호하며, 떫은 맛, 쓴

맛과 같은 식물의 고유한 맛에 관여 한다(Kim et al., 1999). 또 항암, 혈압강하, 간보호, 진정작용 등 여러 작용이 알려져 있으며 항산화 작용을 가진 대표적인 물질로 보고되고 있다(Giacosa & Filiberti, 1996). 그리고 천연항산화제 또한 높은 항산화력을 가진다고 보고되고 있고, 특히 생약제 및 식용식품 추출물 등이 항산화 활성을 가진다고 알려져 있다.

감초(*Glycyrrhiza uralensis*)는 쌍떡잎식물 장미목 콩과에 속하는 다년생 초본식물로 *Glycyrrhiza* 종의 뿌리와 주근부분을 의미하며(Fukai et al., 2003), 맛이 달면서 독이 없고 따뜻한 기운을 가지고 있다. 또한 심, 폐, 위경맥에 작용하는 것으로 알려져 있고 유용, 습양, 생창 등에 효과가 있는 것으로 알려져 있다(Kang et al., 2001). 생약제 중에서도 감초(*Glycyrrhiza uralensis* FISCH)는 원산지가 내몽고이며, 콩과에 속하는 다년생 초본 식물이다. 감초는 50~70 cm 정도의 크기로 잎은 우상(羽狀) 복엽(複葉)으로 장란 원형을 이루고 끝은 뾰족하다. 뿌리가 주로 약재로 사용된다. 감초는 중국과 몽고에서 주로 자생하며 최근에는 우리나라의 감초 재배량도 늘고 있는 추세이다. 동양에

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

서 감초의 성질은 맛은 달고 무독하며 비와 위에 작용을 한다고 알려져 있다. 동의보감에서는 감초를 모든 약의 특성을 해소시켜주며 72 종의 석약과 1,200 종의 초약 등을 서로 고르게 조화시켜준다고 한다. 그로 인해 국로라는 별명을 가지게 되었다고 기록되어 있다. 이러한 감초의 효능으로 인해 한약 제조 시 많이 사용되는데 여기에서 약방의 감초라는 말이 생겨나게 되었다. 중국에서는 4,000 년 전부터 이미 약재로 사용되어졌고, 유럽에서는 기원전 3 세기경 이집트인들에 의해 사용되었다고 최초로 기록되어 있다. 이집트인과 그리스 인들은 감초를 기침과 폐병에 이용하였으며, 일본에서는 간장염 치료에도 이용하였다고 한다. 이와 같이 감초는 활용도가 뛰어나 예로부터 많이 이용되어 왔고 그 안전성과 효능이 이미 입증되었다고 볼 수 있다.

감초는 주성분이 Triterpenoid saponins 계통인 Glycyrrhizin을 약 6~14% 정도 함유하고 있다. Glycyrrhizin은 steroid와 비슷한 구조이며 설탕보다도 약 200 배가 더 달다고 알려져 있어 감초는 감미제로도 많이 이용되어 왔다. Glycyrrhizin은 알레르기(Kumagai et al., 1967), 만성간염(Kiso et al., 1984) 및 바이러스질환(Pompei et al., 1979)에 효과가 있다고 밝혀졌다. 이외에도 생리활성 성분으로 알려진 여러 성분이 있다. Liquiritin, Liquirigenin, Glabrone, Licoricidin이 있다.

이 중 Liquirigenin은 항균활성 기능을 가지고 Glabrone은 강한 항균활성과 항산화활성을 가진다고 보고되었다(Ahn et al., 1998). 또한 최근 연구에 의하면 감초는 항암 효과가 있으며, 감기에 진통효과가 있음이 밝혀졌다. 또한 rheumatism과 arthritis를 완화 한다고 보고되었다. 또 위 분비 작용과 궤양 형성을 억제하고 멜라닌을 자극하는 호르몬의 방출을 억제시켜 멜라닌 양을 감소시킨다. 또한 염증에 효과가 있고 간장 기능을 보호하는 것으로 관찰 되고 있다(Huang, 1992). 감초는 이와 같이 다양한 약리 작용을 기대할 수 있는 약재이다. 한약은 일반적으로 달여서 먹는 약용식물이다.

따라서 본 연구에서는 이를 바탕으로 증류수를 용매로 하여 열수 추출을 실시하여 감초의 유용 성분을 효과적으로 추출해 보고자 하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 감초는 대구시 약령시장에서 구입하였으며, dry oven으로 40°C에서 42 시간 건조시킨 후 이를 분쇄하여 표준망체(40 mesh)를 통과한 분말을 취하여 -20°C의 압소에 보관하면서 실험에 사용하였다.

수율 측정

수율은 항량을 구한 수기에 추출액 10 mL를 취하고

60°C에 1 차 증발시킨 후 105°C에서 증발 건조시켜 무게를 측정하였고, 사용된 원료 양의 백분율로 나타내었다.

Total Phenolics 측정

각 추출물의 total phenolics는 Folin-Denis법(Amerinerm & Ough, 1958)에 따라 비색정량 하였다. 즉, 일정하게 희석한 검액 1 mL에 Folin-Ciocalteu시약(Sigma-Aldrich Chemical Co., U.S.A) 1 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% NaCO 1 mL를 넣어 진탕하고 1 시간 실온에 방치하여 UV-visible spectrophotometer(TU-1800 Human Crop. Co., Korea)를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로 gallic acid(Sigma-Aldrich Chemical Co., U.S.A)를 농도별로 조제하여 standard curve를 작성한 후 정량분석 하였다. Total phenolics는 3 회 반복 측정하여 다음의 식과 같이 계산한 후 그 평균값을 백분율로 환산하여 건조시료중의 %로 나타내었다.

$$\text{Total phenolics (mg/100 g)} = C \times \left(\frac{V \times N}{S} \times \frac{10}{100} \right)$$

C : 시험용액 중 phenol 농도

S : 시험에 사용된 시료 량(g)

V : 시험용액 total volume(mL)

N : 시험용액 희석배수

전자공여능 측정

전자공여능(Electron donating ability, EDA)시험은 DPPH 라디칼 소거법으로 측정하였다. DPPH (α, α' -diphenyl- β -picrylhydrazyl)는 항산화능을 가진 물질의 전자공여능에 의해 환원되어 탈색이 되는데 이 탈색의 정도로 항산화능을 측정할 수 있다(Blois, 1958). 즉, DPPH 12 mg을 absolute ethanol 100 mL에 용해하여 4×10^{-4} M의 DPPH용액을 조제한 다음 ethanol 용액을 Blank로 하여 525 nm에서 흡광도가 0.95~0.99가 되도록 50% ethanol을 첨가하여 조정하였다. 그 다음 추출물 1 mL에 조제한 DPPH시액 4 mL를 혼합하여 10 초간 강하게 진탕한 후 상온에서 10분간 방치하였다.

이를 525 nm에서 UV-visivle spectrophotometer로 흡광도를 측정한 후 sample 첨가구와 무 첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능을 측정하였으며 아래와 같이 계산하였다.

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \frac{A - B}{A} \times 100$$

ABS : Absorbance of DPPH solution with sample at 525 nm

ABC : Absorbance of DPPH solution without sample at 525 nm

갈색도 측정

감초 추출물의 갈색화 반응 생성물질의 농도를 나타내는

Table 1. Central composite design for optimization of hot water extraction conditions using a response surface methodology

Exp No. ¹⁾	Independent variables		
	Solvent to sample ratio(mL/g)	Extraction temperature(°C)	Extraction time(min)
1	25(1)	80(1)	100(1)
2	25(1)	80(1)	80(-1)
3	25(1)	60(-1)	100(1)
4	25(1)	60(-1)	80(-1)
5	15(-1)	80(1)	100(1)
6	15(-1)	80(1)	80(-1)
7	15(-1)	60(-1)	100(1)
8	15(-1)	60(-1)	80(-1)
9	20(0)	70(0)	90(0)
10	20(0)	70(0)	90(0)
11	10(-2)	70(0)	90(0)
12	30(2)	70(0)	90(0)
13	20(0)	50(-2)	90(0)
14	20(0)	90(2)	90(0)
15	20(0)	70(0)	70(-2)
16	20(0)	70(0)	110(2)

¹⁾The number of experimental conditions by central composite design

갈색도는 420 nm에서 측정하였다(Rhim et al., 1989). 일부 갈색화 반응 생성물들은 항산화 효과를 나타낸다.

환원당

각 추출물의 시료용액 1 mL를 test tube에 넣고 dinitrosalicylic acid(DNS) reagent 1 mL를 가하여 잘 혼합시킨 후 끓는 물에서 15 분 동안 증탕시켰다. 상온에서 충분히 식힌 후 증류수 3 mL를 넣고 희석하여 발색된 정도를 546 nm에서 흡광도를 측정하고 glucose standard curve를 이용하여 환원당 함량(%)을 구하였다.

열수추출 공정 최적화를 위한 실험계획

열수 추출을 이용한 감초의 최적 추출 조건을 확립하기 위해 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 사용하였으며 예비실험의 결과를 바탕으로 중심합성계획(central composite design)을 실시하였다. 즉 추출공정의 독립변수(X_n)는 시료에 따른 용매비(X₁)와 추출 온도(X₂), 추출 시간(X₃)에 대한 실험범위를 선정하여 5 단계로 부호화하였으며 Table 1에 나타내었다. 또한 이들의 독립변수에 영향을 받는 종속변수는 추출 수율, 총페놀 함량, 전자공여능, 갈색도, 환원당함량으로 3 회 반복으로 측정하여 각각 회귀분석을 실시하였다. 회귀분석에 의한 최적조건의 예측은 SAS (statistical analysis system, Version 9.1) program을 이용하였으며 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 회귀식은 다음과 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{21}X_2X_1 + b_{22}X_2^2 + b_{23}X_3X_1 + b_{23}X_3X_2 + b_{23}X_3X_3$$

추출특성의 모니터링과 최적조건범위 예측은 각 종속변수의 contour map을 이용하여 분석하였다.

감초의 열수 추출공정

각 공정의 방법에 따른 열수 추출 시험은 Fig. 1에 나타낸 바와 같다.

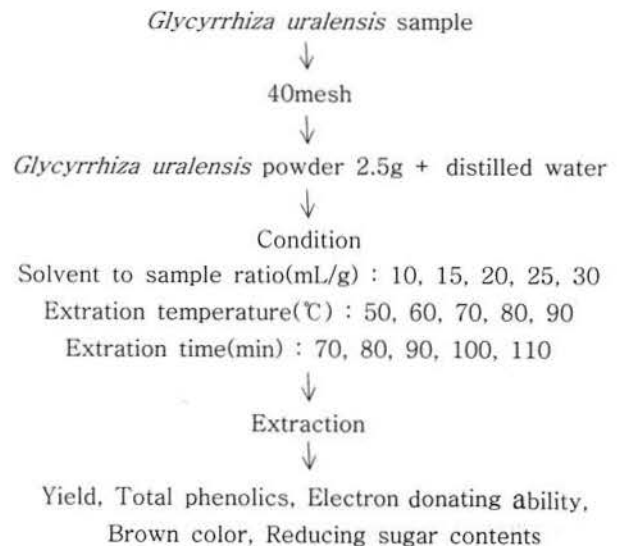


Fig. 1. Scheme for extraction process from *Glycyrrhiza uralensis*

Table 2. Polynomial equation calculated by RSM program for extraction of *Glycyrrhiza uralensis*

Responses	The second order polynomial ¹⁾	R ²	significance
Yield (Y ₁)	$Y_1 = 174.500000 - 1.260000X_1 - 0.680000X_2 - 2.320000X_3$ $+ 0.008000X_1^2 + -0.012000X_2X_1 - 0.007000X_2^2$ $+ 0.020000X_3X_1 - 0.002000X_3X_2$	0.8227	0.0913
Total phenolics (Y ₂)	$Y_2 = 12.159124 + 0.002087X_1 - 0.045242X_2 - 0.172072X_3$ $- 0.000014597X_1^2 - 0.000049628X_2X_1 + 0.000171X_2^2$ $- 0.000014597X_3X_1 - 0.000225X_3X_2 + 0.000883X_3^2$	0.8565	0.0520
Electron donating ability (Y ₃)	$Y_3 = 213.399629 + 0.204154X_1 - 4.181654X_2 + 0.819420X_3$ $+ 0.057251X_1^2 - 0.006644X_2X_1 + 0.051015X_2^2$ $- 0.022912X_3X_1 - 0.039424X_3X_2 + 0.008288X_3^2$	0.8876	0.0280
Brown color (Y ₄)	$Y_4 = -4.610833 + 0.070566X_1 + 0.000912X_2 + 0.096902X_3$ $+ 0.000010417X_1^2 + 0.000565X_2X_1 - 0.000493X_2^2$ $- 0.001248X_3X_1 + 0.0006662X_3X_2 - 0.000627X_3^2$	0.7554	0.1960
Reducing sugar contents (Y ₅)	$Y_5 = -18.573090 - 0.344809X_1 + 0.676072X_2 + 0.077222X_3$ $- 0.001213X_1^2 - 0.00406X_2X_1 - 0.001516X_2^2 + 0.007135X_3X_1$ $- 0.004373X_3X_2 + 0.000311X_3^2$	0.6682	0.3716

¹⁾X₁ : Solvent to sample ratio, (mL/g) X₂ : Extraction temperature, (°C) X₃ : Extraction time (min)
 $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{21}X_2X_1 + b_{22}X_2^2 + b_{23}X_3X_1 + b_{23}X_3X_2 + b_{23}X_3^2$

즉, Fig. 1에서 보는 바와 같이 -20°C에서 동결건조 시킨 후 40 mesh에 통과시킨 분말 2.5 g에 증류수를 용매비에 따라 가한 후 나머지 추출조건으로 추출하였다. 즉 Table 1에 나타난 바와 같이 추출 과정을 거친 추출물을 항산화 활성 측정에 사용하였다.

결과 및 고찰

추출조건이 추출수율에 미치는 영향

추출 조건에 따른 추출 수율의 결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 2에 나타냈으며 R²값은 0.8227로 측정되었다.

Table 3. Predicted values of optimum conditions for the maximized and minimized responses to variables by the ridge analysis by their response surface

Responses	Extraction conditions ¹⁾				Estimated responses	Morphology
	X1	X2	X3			
Yield (%)	11.60	72.52	100.55	25.05 (min.)	saddle point	
	16.84	67.09	71.25	32.86 (max.)		
Total phenolics (%)	29.00	78.30	87.28	2.88 (min.)	saddle point	
	19.94	71.51	109.94	3.31 (max.)		
Electron Donating Ability (%)	21.45	78.98	107.63	17.00 (min.)	saddle point	
	20.29	50.04	88.94	74.50 (max.)		
Brown color (O.D)	17.13	78.81	72.99	0.36 (min.)	saddle point	
	11.85	73.92	100.92	0.94 (max.)		
Reducing sugar content (%)	20.55	85.97	101.99	0.96 (min.)	saddle point	
	14.52	77.14	74.87	4.47 (max.)		

¹⁾X₁ : Solvent to sample ratio, (mL/g) X₂ : Extraction temperature, (°C) X₃ : Extraction time (min)

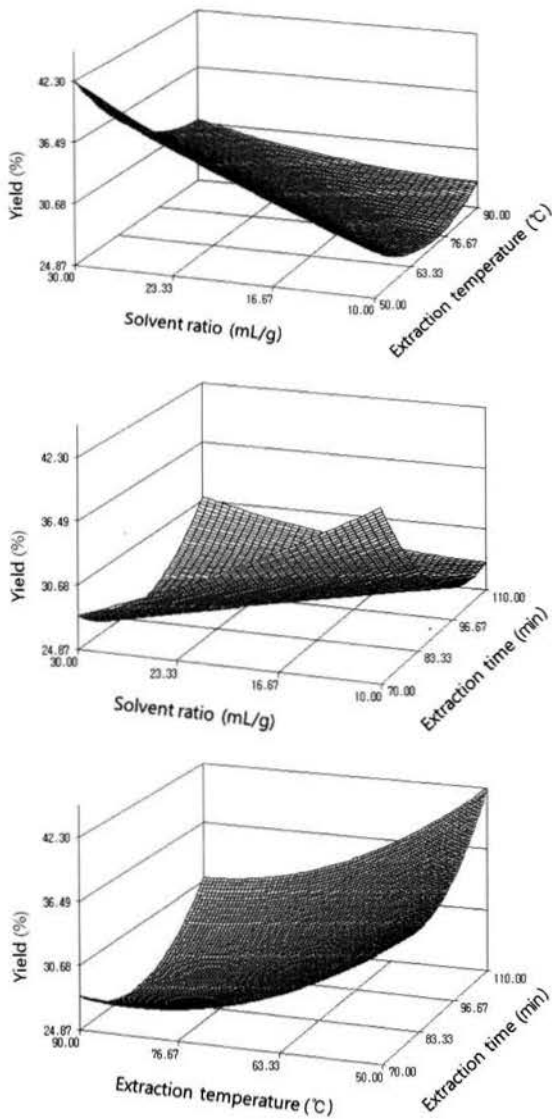


Fig. 2. Contour maps for the effects of extraction conditions on Yield(%)

예측된 정상점은 안장점으로 Table 3에 나타난 바와 같이 시료에 대한 용매비 16.84 mL/g, 추출온도는 67.09°C, 추출시간은 71.25 min에서 추출수율 32.86%로 최대값을 나타내었다.

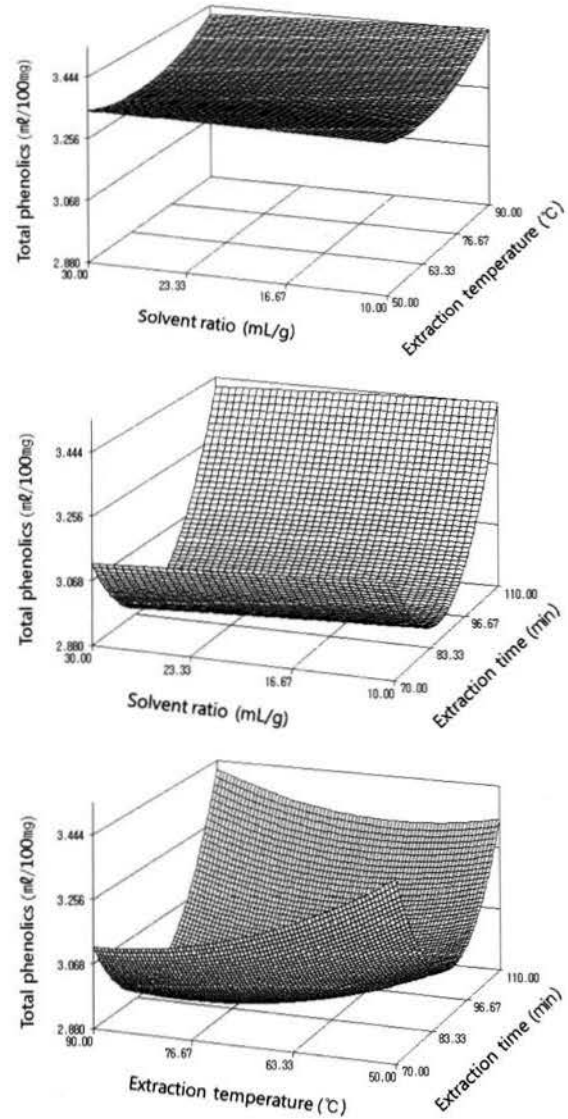


Fig. 3. Contour maps for the effects of extraction conditions on total phenolics(mL/100 mg)

추출조건이 total phenolics에 미치는 영향 각각의 조건에 따른 추출물들의 총페놀 함량을 측정 한 결과에 대한 회귀식의 R^2 값은 0.8565로 나타났다. Total phenolics는 추출 시간이 매우 유의하게 영향을 미치는 것

Table 4. Regression analysis for regression model of variables in extraction condition

Response conditions	F-Ratio		
	X ₁	X ₂	X ₃
Yield	1.19	3.47*	3.86*
Total phenolics	0.01	0.73	6.60**
Electron Donating Ability	0.19	5.87**	6.25**
Brown color	0.76	1.82	3.44*
Reducing sugar content	0.97	1.34	2.09

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

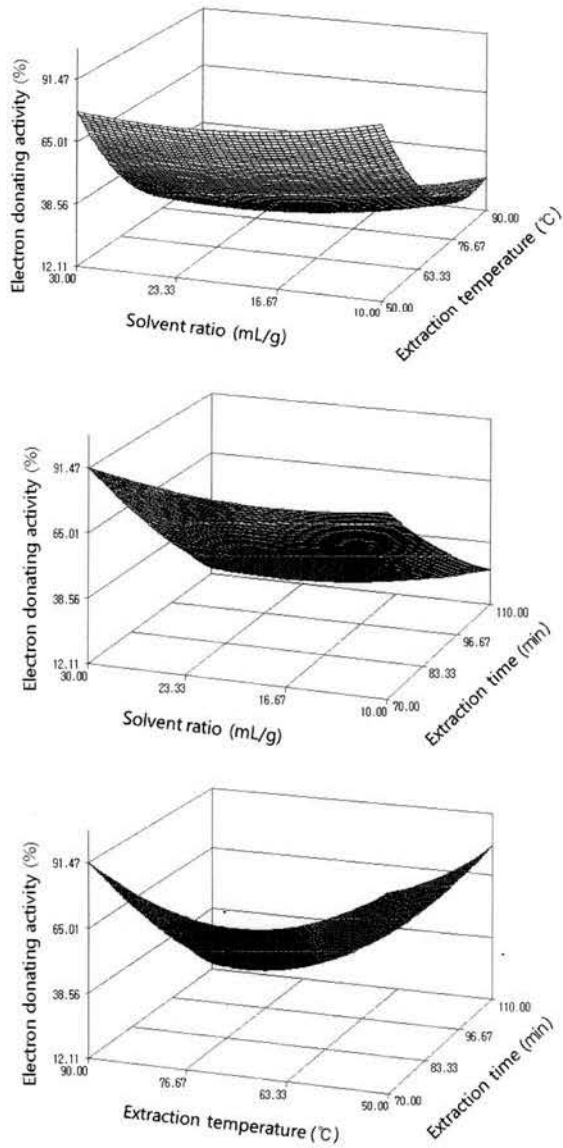


Fig. 4. Contour maps for the effects of extraction conditions on electron donating activity (%)

으로 확인되었다($p < 0.05$). 반응표면 분석 결과 예측된 정상점은 안장점으로 Table 3에 나타난 바와 같이 시료에 대한 용매비 19.94 mL/g, 추출 온도는 71.51°C, 추출시간은 109.94 min에서 최대값 3.31 $\mu\text{g/mL}$ 로 나타났다.

추출조건이 전자공여능에 미치는 영향

전자공여능 작용은 자유라디칼에 전자를 공여하는 식품 중에 지방질 산화를 억제하는 목적으로 사용되고, 인체 내에서는 자유라디칼에 의한 노화를 억제 시키는 작용으로 이용된다(Lee et al., 1997).

각각의 추출 조건에 따른 추출물의 전자공여능에 대한 회귀식은 Table 2에 나타냈으며 R^2 는 0.8876으로 유의성이 5%이내의 유의수준에서 인정되었다. 추출 온도와 추출 시

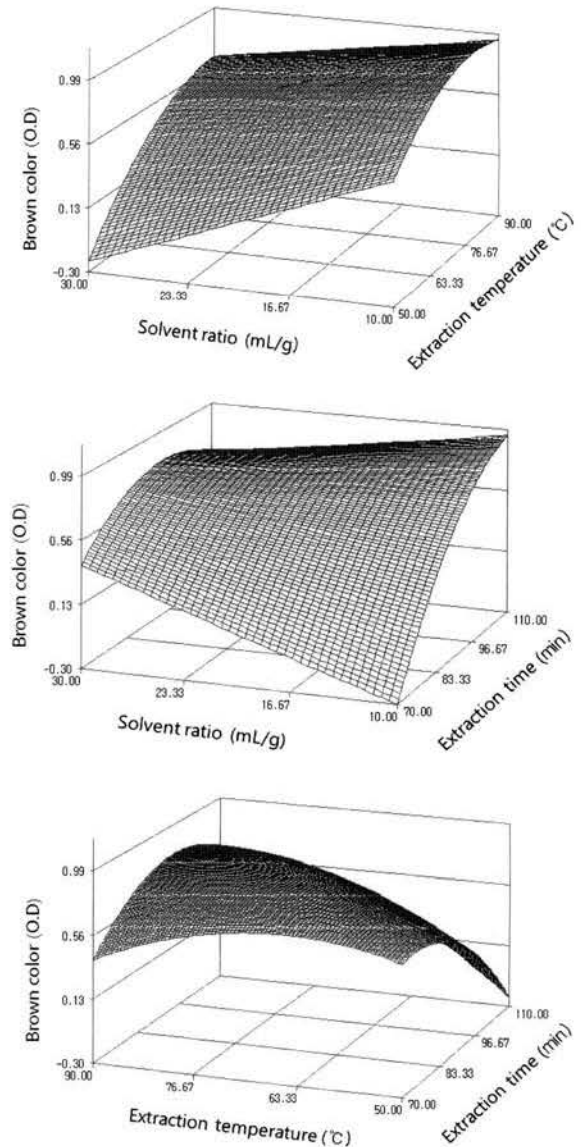


Fig. 5. Contour maps for the effects of extraction conditions on brown color(O.D)

간 모두 유의하게 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 4). 또한 반응표면 분석으로 예측된 정상점은 안장점으로 Table 3에 나타난 바와 같이 시료에 대한 용매비 20.29 mL/g, 추출온도 50.04°C, 추출시간은 88.92 min에서 최대값 74.50%로 비교적 높은 전자공여능도를 나타내었다.

추출조건이 갈색도에 미치는 영향

각 추출조건에 따른 갈색도를 측정 한 결과, 각 추출조건에 따른 추출물의 갈색도에 대한 회귀식은 Table 2에 나타냈으며 R^2 값은 0.7554로 측정되었다. 반응 표면 분석에 의해 예측된 정상점은 안장점으로 Table 3에 나타난 바와 같이 시료에 대한 용매비 11.85 mL/g, 추출온도는 73.92°C,

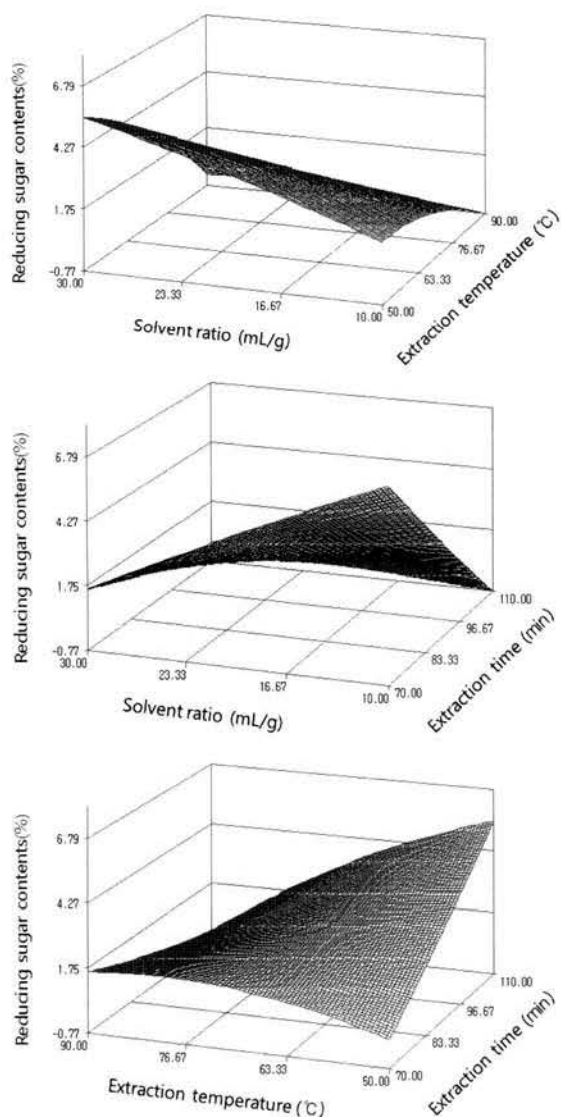


Fig. 6. Contour maps for the effects of extraction conditions on reducing sugar contents (%)

추출시간은 100.94 min에서 최대값을 나타내었다.

추출조건이 환원당에 미치는 영향

감초의 추출조건에 따른 환원당을 측정된 결과는 Table 2와 같다. 반응표면 분석에 따라 예측된 정상점은 안장점으로 Table 3에 나타난 바와 같이 시료에 대한 용매비 14.52 mL/g, 추출온도는 77.14°C, 추출시간은 74.87 min에서 최대값 4.47 mg/mL로 예측되었다.

요 약

본 연구에서는 한방 재료인 감초의 추출 공정 최적화를 위해 반응표면 분석법으로 모니터링 하여 최적 열수 조건

을 설정하였다. 중심합성계획법에 따라 시료에 대한 용매비(X_1), 추출 온도(X_2), 추출 시간(X_3)을 요인변수로 하고 추출 수율(Y_1), 총페놀 함량(Y_2), 전자공여능(Y_3), 갈색도(Y_4), 환원당(Y_5)을 종속변수로 하여 시행 하였다.

실험 결과 추출 수율은 추출 온도와 추출 시간에 영향을 받음을 알 수 있었다. 안장점에서 추출 조건은 시료에 대한 용매비 16.84 mL/g(X_1), 추출온도는 67.09°C(X_2), 추출시간은 71.25 min(X_3)이었다. 총페놀 함량은 용매비와 온도의 영향을 거의 받지 않았으며 추출 시간의 영향을 많이 받았다. 최대값은 3.31 μ g/mL로 나타났으며 이때의 추출 조건은 시료에 대한 용매비 19.94 mL/g(X_1), 추출 온도는 71.51°C(X_2), 추출시간은 109.94 min(X_3)으로 나타났다.

전자공여능은 추출 온도와 추출 시간의 영향을 받은 것으로 나타났고 안장점에서 추출 조건은 시료에 대한 용매비 20.29 mL/g(X_1), 추출온도 50.04°C(X_2), 추출시간은 88.92 min(X_3)였고 최대값은 74.50%로 예측되었다. 갈색도는 다른 조건들보다 시간에 의한 영향을 크게 받았다. 안장점일 때의 추출 조건은 시료에 대한 용매비 11.85 mL/g(X_1), 추출온도는 73.92°C(X_2), 추출시간은 100.94 min(X_3)으로 나타났으며 환원당은 시료에 대한 용매비 14.52 mL/g(X_1), 추출온도는 77.14°C(X_2), 추출시간은 74.87 min(X_3)에서 최대값이 예측되었다.

감사의 글

본 연구는 농촌진흥청 바이오그린21사업의 지원에 의하여 수행된 내용에 일부로서 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Ahn EU, Shin DH, Back NI, Oh JA. 1998. Isolation and identification of anti-microbial active substance from *glycyrrhiza uralensis* FISCH. Korean J. Food Sci. Technol. 30: 680-687
- Amerinem MA, Ough CS. 1958. Method for Analysis of Musts and Win. Wiley & Sons, New York, pp. 176-180
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 181: 1199-1200
- Fukai T, Satoh K, Nomura T, Sakagami H. 2003. Preliminary evaluation of antinephritis and radical scavenging activities of glabridin from *Glycyrrhiza glabra*. Fitoterapia. 74: 624-629
- Giacosa A, Filiberti R. 1996. Free radicals, oxidative damage and degenerative disease. Eur. J. Cancer Prev. 5: 307-312
- Huang KC. 1992. The Pharmacology of Chinese Herbs. CRC Press, pp. 275-278
- Kang MH, Park CG, Cha MS, Seong NS, Chung HK, Lee JB. 2001. Component characteristics of each extract prepared by different extract methods from by-products of *Glycyrrhiza uralensis*. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 30: 138-142
- Kim IW, Shin DH, Choi U. 1999. Isolation of antioxidative components from the bark of *Rhus verniciflua* S. screened from some Chinese medicinal plants. Korean J. Food Sci. Technol.

- 31: 885-863
- Kim JO, Kwon ST, Lee GD, Hong JH, Moon DH, Kim TW, Kim DI. 2008. Optimization of Extraction Condition on Fig(*Ficus carica L*) by Response surface Methodology. Korean J. Food Preserv. 15(1): 67-73
- Kim SH, Lee JM. 2008. Optimization of Hot-water Extraction Conditions for Preparation of Polyphenol and Gallic Acid from Acorn. Korean J. Food Preserv. 15(1): 58-65
- Kiso Y, Tohin M, Ino H, Hattori M, Seamoto T, Namba T. 1984. Mechanism of antihepatotoxin activity of *glycyrrhizin I*. Effect on free radical generation and lipid peroxidation. Planta Med. 50: 298-302
- Kumagai A, Nanaboshi M, Asanuma Y, Yogur T, Nishino K. 1967. Effect of glycyrrhizin on thymolytic and immuno-suppressive action of cortisone. Endocrinol. Jpn. 14: 39-42
- Lee JM, Cha TY, Kim SH, Kwon TK, Kwon JH, Lee SH. 2007. Optimization of Hot-water Extraction Condition of Garlic Using a Response Surface Methodology. Korean J. Food Preserv. 14(4): 385-393
- Lee KD, Chang HK, Kim HK. 1997. Antioxidative and nitrite scavenging activities of edible mushrooms. Korean J. Food Sci. Technol., 29: 432-436
- Pompei R, Flore O, Marcialis MA, Pani A, Loddo B. 1979. Glycyrrhizic acid inhibits virus growth and activates virus partides. Nature 281: 689-690
- Rhim JW, Nunes RV, Jones, Swartzel BA. 1989. Kinetics of color change of grape juice generated using linearly increasing temperature. J. Food Sci. 54: 776-777
- The Korea Society of Food Science and Nutrition. 2000. Handbook of experiments in food science and nutrition. Hyoil Publishing Co., Seoul, Korea, pp. 151-152
- (접수 2008년 9월 26일, 수정 2008년 11월 5일, 채택 2008년 11월 10일)