

홍삼의 기능적 특성에 대한 볶음 조건 모니터링

전은주 · 김교연 · 이정은 · Catherine Waje · 권중호[†]
경북대학교 식품공학과

Monitoring of Roasting Conditions for the Functional Properties of Lateral Root of Red Ginseng

Eun-Ju Jeon, Kyo-Yeon Kim, Jeog-Eun Lee, Catherine Waje and Joong-Ho Kwon[†]
Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

This study investigated the functional properties of lateral roots of red ginseng following roasting treatment. The ten different conditions, based on the central composite design for roasting parameters, were pre-established according to roasting temperature(140~240 °C) and time(5~25 min). The functional characteristics were monitored using response surface methodology, whereby polynomial equations and correlation coefficients were investigated between roasting conditions. The functional properties of the samples were affected more by roasting time than temperature. The optimal roasting condition ranges for maximizing the functional qualities of lateral roots of red ginseng were predicted to be a roasting temperature of 194.5-210.9 °C, and a roasting time of 13.8-20.0 min.

Key words : red ginseng roots, roasting, functional properties, RSM

서 론

대표적인 건강기능식품 소재인 인삼은 식품 분류학상으로 오갈피나무과(*Araliaceae*) 인삼속(*Panax*)에 속하는 식물을 일컫으며, 화학성분 함량은 사포닌 3~6%, 합질소화합물 12~16%, 지용성 성분 1~2%, 비타민 0.05%, 탄수화물 60~70%, 회분 4~6% 등으로 이루어져 있다. 인삼은 약리효능이 우수하며, 재배조건이 까다롭기 때문에 수확량이 적어서 고가의 영약으로 취급되어 왔으나, 수삼은 수분함량이 70% 내외로 이것을 그대로 저장하거나 운반하면 부패 및 손상하기 쉽기 때문에 우리나라에서는 장기저장, 유통, 품질안정화 등의 목적으로 홍삼 및 백삼 제조방법이 일찍부터 발달하였다(1). 최근 약리학 및 생화학에 관한 분석·연구의 발달로 가열에 의한 화학성분의 생성 및 약리효능의 차이가 확인됨에 따라 홍삼의 우수성이 입증되고 있다. 이러한 홍삼에는 백삼에는 존재하지 않는 -Rh₂, -Rs₁, -Rs₂, -Rh₄ 등의 진세노사이드와 사포닌, 또한 maltol, glycerolipid, glycosyldiglyceride 등 홍삼고유의 생리활성물질이 존재하며, 항산화활성(2), 항피로효과(3,4), 면역활성(5) 등의 약리효능이 우수한 것으로 보고되고 있다. 인삼의 가공품으로는 엑기스, 정분, 차류, 타브렛, 캡슐, 분말류, 환제, 절편삼, 봉밀삼 등을 비롯하여 음료, 과자류 및 주류에 사용되어 2차 가공 인삼/홍삼 제품들도 개발되고 있다(1).

한편, 볶음처리는 색과 향미를 증진시키기 위한 원료가공방법의 하나로 볶음 과정에서 분해, 합성 및 축합반응에 의한 고형분 함량 증가를 비롯하여 갈색화 반응 촉진과 향기성분 생성이 수반되며, 또한 생성된 갈변물질은 지질의 산패에 대해 강한 항산화 활성을 지니고 있는 것으로 알려져 있다(6,7). 따라서 이러한 가공 공정을 식품에 적용하기 위해서 유용성분의 활성 또는 추출을 극대화 할 수 있는 최적 조건의 정립이 필요하다.

본 연구에서는 홍삼의 기능성을 향상시키기 위한 볶음조건을 확인코자 홍삼 제조 시 부산물로 얻어지는 지근을 이용한 반응표면분석을 실시하여 볶음 조건에 따른 홍삼의 기능적 특성을 모니터링 하였다.

본 연구에서는 홍삼의 기능성을 향상시키기 위한 볶음조건을 확인코자 홍삼 제조 시 부산물로 얻어지는 지근을 이용한 반응표면분석을 실시하여 볶음 조건에 따른 홍삼의 기능적 특성을 모니터링 하였다.

[†]Corresponding author. E-mail : jhkwon@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-5775, Fax : 82-53-970-6772

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 시료는 경북 풍기지역에서 5년 근(2005년산) 홍삼 제조 시 부산물로 얻어지는 지근(홍중미)을 균일한 크기(5 mm × 5 mm)로 절단하여 볶음 처리에 사용하였다.

볶음조건 모니터링을 위한 중심합성실험계획

본 실험에서는 볶음처리에 의한 홍삼의 기능성분 변화를 확인하기 위하여 예비실험 결과를 바탕으로 중심합성계획법(8)에 의하여 볶음온도(X_1 : 140~240°C)와 볶음시간(X_2 : 5~25 min)을 독립변수(X_i)로 하여 -2, -1, 0, 1, 2의 5단계로 부호화하였으며(Table 1, Table 2), 10구간의 조건을 설계하여 볶음실험을 실시하였다. 각 조건에서 얻은 볶음시료의 추출물의 품질을 종속변수(Y_i)로 홍삼시료의 볶음조건을 독립변수(X_i)로 하여 반응표면분석(response surface methodology, RSM)(9,10)에 의한 볶음 홍삼에 대한 품질특성과 최적 조건을 예측하였다.

Table 1. Levels of roasting temperature and time for lateral root of red ginseng based on central composite design

X_i	Roasting condition	Level				
		-2	-1	0	1	2
X_1	Roasting temp. (°C)	140	165	190	215	240
X_2	Roasting time (min)	5	10	15	20	25

볶음 처리

홍삼의 볶음처리는 볶음 온도, 시간 및 속도 조절이 가능한 자동볶음장치(JIS-E04, JEIL IND. Co. Ltd., Seoul, South Korea)를 사용하였다. 미리 일정 온도까지 상승시킨 오븐

내 볶음 드럼에 시료(홍중미 500 g)를 넣어 일정한 속도(40 rpm)로 저어주면서 볶음온도(140~240°C, $\pm 2^\circ\text{C}$)와 시간(5~25 min)에 따라 실험을 수행하였다. 중심합성계획에 의해 볶음처리된 시료는 송풍 냉각장치에 옮겨 실온으로 냉각시킨 후 밀봉 보관하여 분석시료로 사용하였다.

추출물 제조

중심합성계획에 의해 볶음처리된 홍삼의 품질 및 기능성분 분석을 위하여 100 mesh로 분말화한 다음 시료 1 g에 50% 에탄올 50 mL를 가하여 실온(20°C)에서 24 시간 진탕(150 rpm) · 추출한 후 여과(Whatman No. 41)하여 여액을 분석용 추출물로 사용하였다.

가용성 고형분 함량

가용성 고형분 함량 측정은 미리 항량을 구한 수기에 추출물 2 mL를 취하여 105°C dry oven에 6 시간 가열 후 데시케이터에서 30 분간 방냉시켜 항량이 구해질 때까지 무게를 측정하였다. 이 때 건물량에 대한 백분율로써 가용성 고형분 함량(%)을 구하였다(11).

총 페놀 함량 측정

중심합성계획에 의한 볶음조건을 달리한 홍삼시료의 총 페놀 함량 측정은 Folin-Denis법(12)에 준하여 실시하였다. 시료 추출물 2 mL에 Folin 시약 2 mL을 혼합하여 실온에서 3 분간 정치한 뒤 10% Na_2CO_3 용액 2 mL을 가하여 혼합하고 실온에서 1 시간 반응시킨 다음 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이 때 표준물질로 gallic acid를 사용하여 표준곡선을 작성하였다.

Table 2. Experimental data on soluble solid, total phenolics, electron donating ability, nitrite scavenging activity and acidic polysaccharide of roasted lateral root of red ginseng by central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Roasting condition		Soluble solid (% d.b.)	Total phenolics (mg%, d.b.)	Electron donating ability (%)	Nitrite scavenging activity (%)		Acidic polysaccharide (mg%, d.b.)
	Roasting temp.(°C)	Roasting time(min)				pH 1.2	pH 3.0	
1	215	20	1.37±0.12 ²⁾	67.25±0.19	61.00±1.46	83.83±1.38	78.09±1.89	3.91±0.39
2	215	10	0.88±0.09	85.07±0.04	52.74±0.91	80.79±1.43	74.13±2.55	2.83±0.10
3	165	20	0.90±0.08	88.25±0.02	30.54±1.25	72.57±3.49	72.93±1.36	2.18±0.38
4	165	10	0.73±0.06	89.81±0.34	54.06±1.36	66.46±13.33	62.11±3.66	3.04±0.24
5	190	15	0.88±0.08	82.17±0.06	53.34±0.68	67.02±2.50	69.07±2.57	3.38±0.41
6	190	15	1.08±0.08	81.05±0.16	52.51±0.52	58.76±9.85	64.49±4.73	3.42±0.10
7	240	15	0.93±0.05	69.42±0.10	75.84±0.37	70.24±1.96	69.78±3.28	2.62±0.24
8	140	15	0.90±0.02	89.51±0.12	29.97±0.63	35.47±7.82	60.78±1.18	2.66±0.17
9	190	25	0.80±0.02	70.68±0.49	73.31±0.54	60.02±1.91	62.99±0.78	3.11±0.12
10	190	5	0.81±0.02	88.69±0.24	27.90±0.74	21.48±4.15	49.67±6.32	2.83±0.09

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

²⁾Means ± S.D. (n=3).

항산화성 측정

홍삼시료의 항산화성(electron donating ability, EDA) 측정은 Blois의 방법(13)에 준하여 α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH)를 사용하여 측정하였다. 즉, DPPH 12 mg을 100% 에탄올 100 mL에 녹인 후 517 nm에서 흡광도 값이 0.95~0.99가 되도록 50% 에탄올로 희석하여 DPPH 용액을 조제하였다. DPPH 용액 5 mL를 홍삼 추출액 0.5 mL에 가하여 교반한 후 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. 항산화성은 $100 - [(시료첨가구의 흡광도/무첨가구의 흡광도) \times 100]$ 으로 나타내었다.

아질산염 소거능 측정

아질산염 소거작용 측정은 Kato 등(14)의 방법에 준하여 다음과 같이 측정하였다. 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 각 시료 추출물을 가하고, 0.1 N HCl과 0.1 M 구연산 완충용액을 사용하여 반응용액의 pH를 각각 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0으로 조정 후 반응용액의 부피를 10 mL로 하였다. 그리고 37°C에서 1 시간 동안 반응시켜 얻은 반응액 1 mL에 2% 초산 용액 5 mL를 첨가한 다음 Griess시약(1% sulfanilic acid: 1% naphthylamine= 1:1) 0.4 mL을 혼합하고 실온에서 15 분간 방치한 후 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염에 대한 백분율(%)로 그 값을 나타내었다.

$$\text{Nitrite scavenging ability(\%)} = \{1 - (S_{\text{Abs}} - B_{\text{Abs}}) / C_{\text{Abs}}\} \times 100$$

S_{Abs} : Absorbance at 520 nm determined with test sample

B_{Abs} : Absorbance at 520 nm determined with distilled water instead of Griess reagent

C_{Abs} : Absorbance at 520 nm determined with solvent instead of test sample

산성 다당체 함량 측정

중심합성계획에 의해 볶음처리된 홍삼의 산성 다당체 함량은 carbazole-sulfuric acid 방법(15)으로 측정하였다. 시료추출액 0.5 mL에 carbazole 0.25 mL와 H₂SO₄(95~97%, v/v) 3 mL를 넣은 후 80°C에서 5 분간 반응시킨 다음, 실온에서 15 분간 방냉하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다.

조사포닌 및 진세노사이드 함량 분석

볶음홍삼의 사포닌 및 진세노사이드 분석은 분말 5 g에 80% 메탄올 50 mL를 가한 후 2,450 MHz 주파수의 실험용 마이크로파 추출장치(Microdigest unit, Prolabo, France)를 이용하여 100 W, 3 분간 추출하여 여과(Whatman No. 41)하였다. 또한 추출잔사에 메탄올을 가하여 이를 3회 반복·추출하고 이 추출물을 감압 농축(55°C)한 다음, 잔여물을 증류수로 50 mL로 정용하였다(16). Shibata 등(17)의 방법에 따라 분액 깔대기에 넣어 diethyl ether 50 mL로 지용성 성분들

을 제거한 후 다시 수포화부탄올 30 mL로 3회 처리하여 합한 n-butanol 층을 반으로 나누어 농축시킨 농축물의 함량을 crude saponin으로 정량하였다(18). 또한 n-butanol 층의 나머지를 농축하여 메탄올(HPLC grade) 1 mL로 용해한 후 0.45 μ m membrane filter로 여과하여 HPLC(JASCO PU-980, Tokyo, Japan)로 분리, 정량하였다. 이 때, 분석조건은 column은 Merck chromolith (RP-18e), UV 검출기(203 nm), 이동상은 10% methanol 및 80% acetonitrile, flow rate 2.5 mL/min으로 하였다.

볶음조건 결과 및 예측값 분석

중심합성계획에 의한 홍삼의 볶음조건에 따른 기능적 특성은 추출물 및 시료분말의 품질특성을 반복 측정하여 그 평균값을 회귀 분석에 사용하였고 이 때 독립변수와 종속변수에 대한 2차 회귀 모형식은 $Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_{12}X_1X_2 + b_{11}X_{12} + b_{22}X_{22}$ (Y, 종속변수; X₁, X₂, 독립변수; b₀, 절편; b_n, 회귀계수)이며, 회귀분석에 의한 예측은 SAS(Statistical Analysis System) program(19)을 사용하였다. 회귀분석 결과, 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점인 경우 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 또한 최적 볶음조건 예측은 품질특성에 대한 contour map을 superimposing하였을 때 중복되는 부분의 범위에서 예측하였다.

결과 및 고찰

가용성 고형분 함량 변화

중심합성계획에 의한 10개 볶음구간별 홍삼의 가용성 고형분 함량은 Table 2와 같으며, 그 결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 4에 나타내었다. Table 4에서와 같이 회귀식의 R²는 0.4199로 비교적 낮은 값을 보였으며 정상점은 안장점(saddle point)이므로 능선분석을 실시한 결과, 볶음 온도 230°C, 볶음시간 20.99 분이었고 가용성 고형분 함량의 최대값은 1.20%로 예측되었다(Table 6). 볶음조건에 의한 고형분 함량 변화에 대한 contour map은 Fig. 1(A)에 나타낸 바와 같이 볶음 온도와 시간이 증가함에 따른 고형분 함량의 증가를 보였으나 볶음 온도와 시간에 의한 F-ratio가 각각 0.54와 0.61로 볶음조건에 의한 영향이 매우 낮은 것으로 확인되었다(Table 8). 본 실험에 사용된 풍기지역의 5년 근 홍삼은 6년 근과 비교하여 가용성 고형분 함량에 차이가 없었고, 5년 근 홍삼의 본근(1.39%)보다 지근(1.68%)에서 더 높은 고형분을 얻을 수 있다고 보고하였다(20). 한편 볶음처리한 홍삼의 가용성 고형분함량(0.80~1.37%)은 볶음처리하지 않은 경우(1.68%)보다 낮았으나 유의적 차이는 없었다.

Table 3. Experimental data on crude saponin and ginsenoside contents of roasted lateral root of red ginseng by central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Crude saponin (% d.b.)	Ginsenoside contents (mg%, d.b.)										
		Rg ₁	Re	Rf	Rh ₁	Rb ₁	Rc	Rb ₂	Rd	Rg ₃	Rh ₂	Total
1	4.45±0.68 ²⁾	740.96±47.26	709.79±10.83	60.39±8.49	32.60±15.01	40.31±7.54	93.70±8.97	90.04±2.33	31.37±2.16	27.12±3.55	14.18±3.20	1840.44±67.92
2	4.21±0.19	829.91±49.55	600.37±5.03	48.01±5.50	37.81±6.41	37.98±1.77	72.72±6.69	59.32±7.07	29.62±2.42	19.10±0.66	11.27±1.64	1746.10±34.87
3	3.78±0.62	941.68±74.45	610.84±45.33	59.32±7.18	54.02±3.57	37.28±4.33	75.15±24.28	47.96±3.50	39.40±8.44	21.33±2.66	10.00±1.73	1896.95±12.83
4	5.06±0.02	827.89±40.81	722.31±5.76	43.18±6.63	27.15±11.07	41.52±17.52	66.09±16.61	56.57±23.87	35.30±8.41	12.17±2.91	10.11±0.32	1842.47±56.09
5	4.70±0.34	712.29±3.60	677.20±30.72	81.86±23.23	36.68±9.11	38.96±7.94	69.69±1.10	95.08±10.95	48.75±4.36	11.84±0.70	9.63±0.80	1781.96±9.71
6	4.89±0.14	874.63±29.72	708.12±6.60	84.18±9.19	42.10±16.06	40.33±15.56	71.62±8.27	101.63±4.30	41.78±12.11	10.83±2.92	11.91±2.07	1987.10±16.25
7	4.07±0.35	603.41±12.83	695.32±44.63	92.22±5.93	31.43±5.66	20.51±4.32	78.74±13.39	70.94±12.08	31.01±5.54	31.06±3.42	19.57±0.42	1674.19±60.27
8	3.87±0.33	606.86±24.77	639.86±39.05	69.39±14.06	24.13±5.32	17.42±2.87	64.06±1.81	53.02±10.04	30.31±4.20	11.71±0.74	9.98±1.57	1526.73±93.78
9	3.83±0.44	685.63±37.77	732.09±64.00	68.01±4.85	16.77±6.11	39.58±5.29	72.45±9.34	64.94±7.79	32.79±3.54	15.32±1.45	11.17±1.41	1738.73±33.52
10	3.64±0.44	613.35±17.14	522.44±53.04	71.40±8.51	36.56±1.28	42.66±4.65	46.72±17.57	47.88±4.68	40.46±15.23	11.14±0.30	11.01±1.45	1443.59±68.36

¹⁾The number of experimental conditions was based on the central composite design.

²⁾Means± S.D. (n=3).

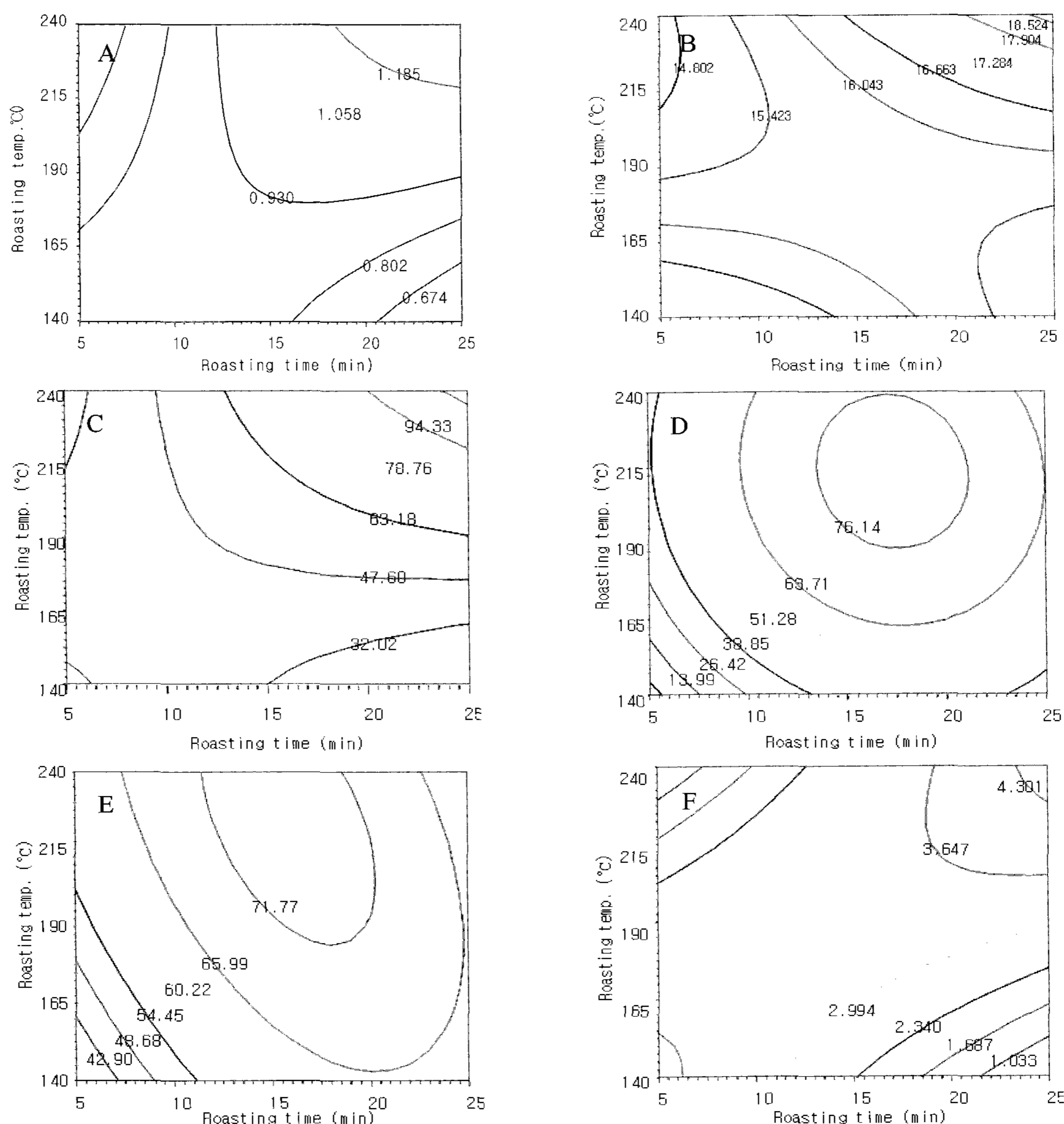


Fig. 1. Contour maps for the effect of roasting conditions on soluble solid(A), total phenolics(B), electron donating ability(C), nitrite scavenging ability [pH 1.2(D) and 3.0(E)], and acidic polysaccharide(F) of lateral root of red ginseng.

총 페놀 함량 변화

볶음온도와 시간에 따른 홍삼 추출물의 총 페놀성 함량에 대한 결과는 Table 2에, 이를 반응표면분석한 회귀식은 Table 4에 각각 나타내었다. 총 페놀성 화합물 함량의 경우 원료홍삼은 13.49 mg%인데 비하여(20) 볶음처리한 홍삼은 67.25~89.51 mg%으로 높게 나타났으며 이와 같은 결과는 Yoon 등(23)의 보고와 유사한 것으로 열처리에 의해 생성된 reductone과 같은 갈변물질에 의해 발현된 것으로 사료된다. 총 페놀성 함량에 대한 반응표면분석한 결과 회귀식의 R^2 는 0.2281로 매우 낮았으며, 회귀식을 바탕으로 한 contour map은 안장점(Table 6, Fig. 1(B))이므로 능선분석을 통해 예측된 최대값은 17.41 mg%(볶음온도 232.50°C, 볶음시간 17.41 분)이었다. 또한 총 페놀 함량은 가열온도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

항산화성 변화

중심합성계획에 의한 볶음조건별 홍삼추출물의 항산화성에 대한 결과와 회귀식은 Table 2와 Table 4에 각각 나타내었다. 홍삼 추출물의 항산화성은 볶음처리 하지 않은 원료홍삼(20)과 큰 차이를 보이지 않았고 볶음온도와 시간이 증가할수록 항산화성도 증가하는 경향을 나타내었으나 (Fig. 1(C)), 볶음시간보다 볶음온도에 많은 영향을 받는 것으로 확인되었다(Table 8). 볶음처리에 의한 홍삼 추출물의 항산화성에 대한 R^2 는 0.7422이었으며 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 통한 최대값은 228.32°C의 볶음온도, 21.42 min의 볶음시간의 조건에서 90.34%로 예측되었다. 이와 같은 결과는 Kim 등(24)의 보고와 유사한 것으로 동굴레 근경을 볶음 처리하였을 때 볶음시간에 비해 볶음온도가 가장 큰 영향을 미친다고 고찰한 바 있다. 또한 총 페놀 함량에 대한 반응표면과 유사한 것으로 가열처리에 의한 식품 갈변화가 원인으로 갈변화 반응 생성물의 항산화력은 갈변화가 증가할수록 커진다고 보고하였다.

아질산염 소거능 변화

중심합성계획에 의한 볶음 조건별 홍삼추출물의 아질산염 소거능은 Table 2과 같이 약산성영역(pH 4.2, 6.0, 미제시)에 비해 강산성영역(pH 1.2, 3.0)에서 아질산염 소거능이 높게 나타나 pH에 따른 영향이 큰 것으로 확인되었다. 따라서 볶음조건에 따른 회귀분석은 pH 1.2와 3.0을 대상으로 실시하였고(Table 4), 볶음조건에 따른 contour map은 Fig. 1(D)와 Fig. 1(E)에 제시하였다. 볶음 홍삼의 아질산염 소거능에 대한 추출물의 회귀식 R^2 는 pH 1.2의 경우 0.6465, pH 3.0의 경우 0.7194로 대체로 낮은 유의수준이었으며, 예측된 정상점은 모두 최대값을 나타내었다. 아질산염 소거능의 최대값은 pH 1.2에서 볶음온도 212.36°C, 볶음시간 17.24 분에서 80.31%로 예측되었고, pH 3.0에서는 볶음온도 224.75°C, 볶음시간 15.84 분에서 73.70%로 예측되었다.

이처럼 볶음조건에 따른 아질산염 소거능의 차이가 생기는 것은 가열에 의한 식품성분간의 상호작용으로 생성되는 아질산염 소거 유효성분의 생성량 및 용해도에 기인하는 것으로 Kim 등(24)과 Hong 등(25)의 결과와 유사하였다.

산성다당체 함량 변화

산성다당체 성분은 pectin의 유사물질로 주성분은 galacturonic acid로 체지방 분해작용이 있는 것으로 알려져 있다(26). 볶음온도와 시간에 따른 산성다당체 함량은 Table 2에 나타내었으며, 회귀식은 Table 4에, contour map은 Fig. 1(F)에 각각 나타내었다. 홍삼추출물의 산성다당체 함량에 대한 회귀식의 R^2 는 0.7964이고 비교적 낮은 유의성이 인정되었으며, 예측된 정상점은 안장점이므로 능선분석을 통한 최대값은 223.17°C, 22.48 분의 볶음조건에서 4.01%로 예측되었다. 볶음조건에 따른 홍삼 추출물의 산성다당체 함량은 Table 8과 같이 볶음 온도가 볶음시간보다 더 많은 영향을 더 미치는 것으로 나타났다.

조사포닌 및 진세노사이드 함량 변화

홍삼의 최적 볶음조건 설정을 위하여 볶음온도(140, 165, 190, 215, 240°C) 및 볶음시간(5, 10, 15, 20, 25 min)에 따른 중심합성실험계획을 설정하여 볶음처리한 홍삼의 조사포닌과 진세노사이드에 대한 변화를 확인하였다(Table 3). 그 결과 조사포닌, 진세노사이드 10종(Rg₁, Re, Rf, Rh₁, Rb₁, Rc, Rb₂, Rd, Rg₃, Rh₂) 및 이러한 ginsenoside 함량을 모두 합한 total 값을 Table 3에 나타내었다. 볶음 홍삼의 조사포닌 함량 및 진세노사이드 함량에 대한 추출물 회귀식의 R^2 는 조사포닌의 경우 0.8655, 진세노사이드의 경우 0.5545~0.9320의 범위로 나타났으며(Table 5), Rb₁, Rh₂에서 5% 이내의 유의수준이, Rc에서 10% 이내의 유의수준으로 유의성이 인정되었다. 조사포닌은 볶음조건별 3.64~5.06% 범위로 볶음온도 187.37°C, 볶음시간 14.15 분에서 최대값은 4.83%로 예측되었으며 이때, 최대점을 나타내었다. 즉 진세노사이드 Rg₁은 볶음온도 179.98°C 및 볶음시간 17.23 min 일 때 최대점을 나타내는 형태의 반응표면으로 나타났고, Re의 경우 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 높은 함량으로 나타났으며, Rf는 볶음온도에는 큰 영향을 받지 않으며 볶음온도가 증가할수록 함량이 높은 것으로 나타났다. 진세노사이드 Rh₁은 볶음온도가 높거나 혹은 볶음시간이 길어질수록 그 함량이 높았고, Rb₁의 경우 Fig. 2(B)에 나타낸 바와 같이 볶음온도 190°C 부근에서 볶음시간과 관계없이 높은 것으로 나타났다. 진세노사이드 Rc의 경우 볶음온도와 볶음시간이 높을수록 그 함량이 높았고, Rb₂와 Rd의 예측된 정상점은 모두 최대점으로 Rb₂의 최대값은 94.04 mg%(볶음온도 209.38°C, 볶음시간 18.16 분)로 예측되었고, Rd의 최대값은 42.25 mg%(볶음온도 186.91°C,

Table 4. The second order polynomials for soluble solid, total phenolics, electron donating ability, nitrite scavenging activity, and acidic polysaccharide of lateral root of red ginseng by roasting conditions

Response	Second order polynomial equations	R ²	Pro>F
Soluble solid	$Y_{SS}=1.811242-0.0006278X_1-0.074635X_2-0.000002357X_1^2+0.000628X_1X_2-0.001144X_2^2$	0.4199	0.7201
Total phenolics	$Y_{Phc}=38.437950-0.196427X_1-0.611184X_2+0.000385X_1^2-0.003538X_1X_2-0.001073X_2^2$	0.2281	0.9272
Electron donating ability	$Y_{EDA}=144.677995-0.667072X_1-10.357210X_2+0.000307X_1^2+0.063560X_1X_2-0.015329X_2^2$	0.7422	0.2196
Nitrite scavenging ability	pH1.2 $Y_{N1.2}=-319.536247+2.849151X_1+11.052263X_2-0.006421X_1^2-0.006142X_1X_2-0.0281610X_2^2$	0.6465	0.3670
	pH3.0 $Y_{N3.0}=-83.770252+0.899255X_1+7.117930X_2-0.001517X_1^2-0.013712X_1X_2-0.127405X_2^2$	0.7194	0.2531
Acidic polysaccharide	$Y_{Ap}=1.879305+0.057203X_1-0.604076X_2-0.000291X_1^2+0.003876X_1X_2-0.003982X_2^2$	0.7964	0.1458

Table 5. The second order polynomials for crude saponin and ginsenoside of lateral root of red ginseng by roasting conditions

Response	Second order polynomial equations	R ²	Pro>F
Crude saponin	$Y_{Crude} = -0.968646 + 0.082500X_1 - 0.270525X_2 - 0.000336X_1^2 + 0.003064X_1X_2 - 0.010759X_2^2$	0.8655	0.0688
Rg ₁	$Y_{Rg1} = -3841.033170 + 39.438221X_1 + 133.740894X_2 - 0.089583X_1^2 - 0.4054600X_1X_2 - 1.796005X_2^2$	0.5754	0.4823
Re	$Y_{Re} = 1321.316453 - 2.923515X_1 - 58.158494X_2 - 0.008975X_1^2 + 0.441800X_1X_2 - 0.627645X_2^2$	0.7747	0.1742
Rf	$Y_{Rf} = 72.400381 - 0.525410X_1 + 3.519079X_2 + 0.002131X_1^2 - 0.007510X_1X_2 - 0.057664X_2^2$	0.1760	0.9602
Rh ₁	$Y_{Rh1} = -356.966123 + 2.939236X_1 + 16.102555X_2 - 0.005168X_1^2 - 0.064160X_1X_2 - 0.140361X_2^2$	0.5728	0.4864
Rb ₁	$Y_{Rb1} = -237.257404 + 3.152966X_1 - 2.769040X_2 - 0.008784X_1^2 + 0.013540X_1X_2 + 0.001954X_2^2$	0.9320	0.0189
Rc	$Y_{Rc} = 32.361307 + 0.095169X_1 + 0.912748X_2 - 0.000712X_1^2 + 0.023820X_1X_2 - 0.136007X_2^2$	0.8399	0.0947
Rb ₂	$Y_{Rb2} = -298.017532 + 3.953620X_1 - 2.738413X_2 - 0.012802X_1^2 + 0.078670X_1X_2 - 0.375727X_2^2$	0.8106	0.1283
Rd	$Y_{Rd} = -165.132587 + 2.009479X_1 + 2.856360X_2 - 0.005210X_1^2 - 0.004720X_1X_2 - 0.070596X_2^2$	0.5545	0.5160
Rg ₃	$Y_{Rg3} = 91.790479 - 1.079126X_1 + 0.771390X_2 + 0.003381X_1^2 - 0.002280X_1X_2 + 0.002921X_2^2$	0.7733	0.1761
Rh ₂	$Y_{Rh2} = 72.192337 - 0.0638170X_1 - 1.229575X_2 + 0.001656X_1^2 + 0.006030X_1X_2 + 0.004537X_2^2$	0.9110	0.0316
Total	$Y_{Total} = -3308.345857 + 46.422471X_1 + 93.007502X_2 - 0.124066X_1^2 + 0.07930X_1X_2 - 3.194593X_2^2$	0.7605	0.1936

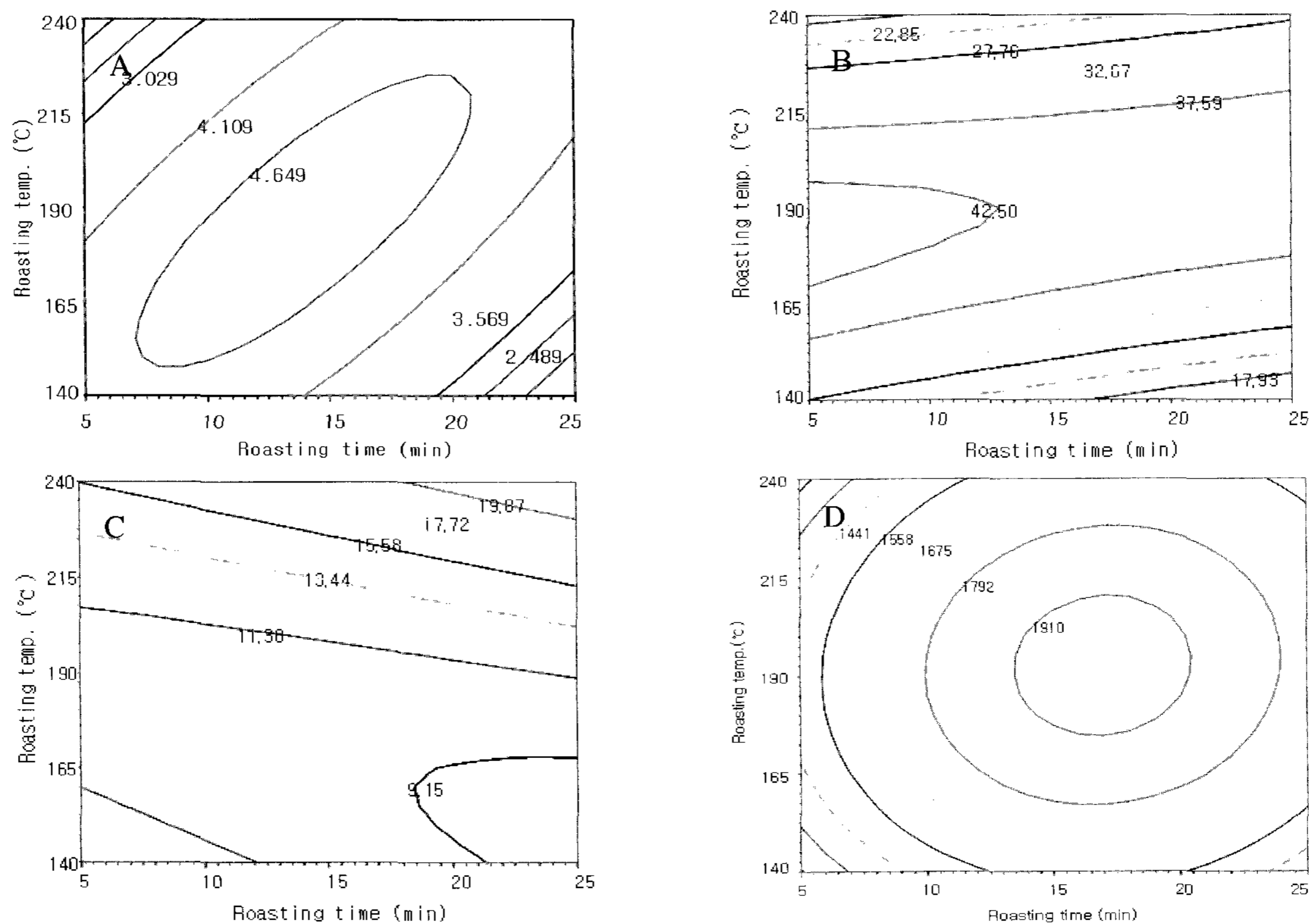


Fig. 2. Contour maps for the effect of roasting conditions on crude saponin(A) and ginsenoside {Rb₁(B), Rh₂(C) and total(D)} of lateral root of red ginseng.

Table 6. Predicted levels of roasting conditions for the maximum responses of soluble solid, total phenolics, electron donating ability, nitrite scavenging activity and acidic polysaccharide of lateral root of red ginseng by the ridge analysis

Response	R ²	Pro>F	X ₁	X ₂	Maximum	Morphology
Soluble solid	0.4199	0.7201	230.03	20.99	1.20	Saddle point
Total phenolics	0.2281	0.9272	232.50	20.27	17.41	Saddle point
Electron donating ability	0.7422	0.2196	228.32	21.42	90.34	Saddle point
Nitrite scavenging ability	pH1.2 0.6465	0.3670	212.36	17.24	80.31	Max.
	pH3.0 0.7194	0.2531	224.75	15.84	73.70	Max.
Acidic polysaccharide	0.7964	0.1458	223.17	22.48	4.01	Saddle point

Table 7. Predicted levels of roasting conditions for the maximum responses of crude saponin and ginsenoside of lateral root of red ginseng by the ridge analysis

Response	R ²	Pro>F	X ₁	X ₂	Maximum	Morphology
Crude saponin	0.8655	0.0688	187.37	14.15	4.83	Maximum
Rg ₁	0.5754	0.4823	179.98	17.23	869.02	Maximum
Re	0.7747	0.1742	225.46	22.05	814.78	Saddle point
Rf	0.1760	0.9602	240.00	14.96	81.85	Saddle point
Rh ₁	0.5728	0.4864	255.07	7.87	47.14	Saddle point
Rb ₁	0.9320	0.0189	183.76	5.08	44.14	Saddle point
Rc	0.8399	0.0947	231.64	20.53	90.88	Saddle point
Rb ₂	0.8106	0.1283	209.38	18.16	94.04	Maximum
Rd	0.5545	0.5160	186.91	14.21	42.25	Maximum
Rg ₃	0.7733	0.1761	239.60	16.26	31.75	Minimum
Rh ₂	0.9110	0.0316	238.09	17.74	19.24	Saddle point
Total	0.7605	0.1936	192.50	16.94	1949.38	Maximum

볶음시간 14.21 분)로 각각 예측되었다. 중심합성계획에 의해 볶음처리된 홍삼의 진세노사이드 Rg₃ 및 Rh₂는 볶음 온도 및 볶음시간이 증가할수록 그 함량이 증가하는 경향을 나타냈었고, 특히 Rh₂는 인삼의 가열처리시 생성되는 물질 중의 하나로 R²는 0.9110으로 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 통한 최대값은 19.24 mg%(볶음온도 238.09℃, 볶음시간 17.74 분)으로 예측되었다(Fig. 2(C)). 이는 볶음의 열처리 공정에 의해 인삼사포닌의 구조인 triterpenoid의 dammarane 구조에서 C-20에 결합되어져 있는 당류의 에텔 결합이 열분해 되어져서 ginsenoside Rg₃의 함량이 증가되며, 또한 C-3의 OH기에 sophorose 즉, glucose(1→2)glucose 결합에 의한 glycosidic bond 또한 열분해 되어져서 진세노사이드 Rh₂의 함량도 다소 증가한 것으로 알려져 있다(21). 이상의 총 10종의 진세노사이드를 합한 함량(total ginsenoside)에 대한 반응표면의 경우 볶음온도 192.50℃ 및 볶음시간

16.94 분 일 때 최대점을 지나는 반응표면으로 나타났다(Fig. 2(D)).

Table 8. Regression analysis for regression model of soluble solid, total phenolics, electron donating ability, nitrite scavenging activity, and acidic polysaccharide of lateral root of red ginseng by roasting conditions

Roasting condition	F-Ratio ¹⁾					Acidic polysaccharide
	Soluble solid	Total phenolics	Electron donating ability	Nitrite scavenging ability		
				pH 1.2	pH 3.0	
Roasting temp.	0.54	0.29	2.89	1.13	1.02	5.06*
Roasting time	0.61	0.17	1.44	1.60	2.55	3.51

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

Table 9. Regression analysis for regression model of crude saponin and ginsenoside of lateral root of red ginseng by roasting conditions

Roasting condition	F-Ratio ¹⁾											
	Crude saponin	Rg ₁	Re	Rf	Rh ₁	Rb ₁	Rc	Rb ₂	Rd	Rg ₃	Rh ₂	Total
Roasting temp.	5.77*	1.58	1.94	0.19	1.43	13.89**	1.89	3.89	1.59	3.64	12.91**	2.31
Roasting time	7.95**	1.11	4.48*	0.06	1.61	0.46	5.16*	4.13	0.51	0.68	0.61	3.45

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

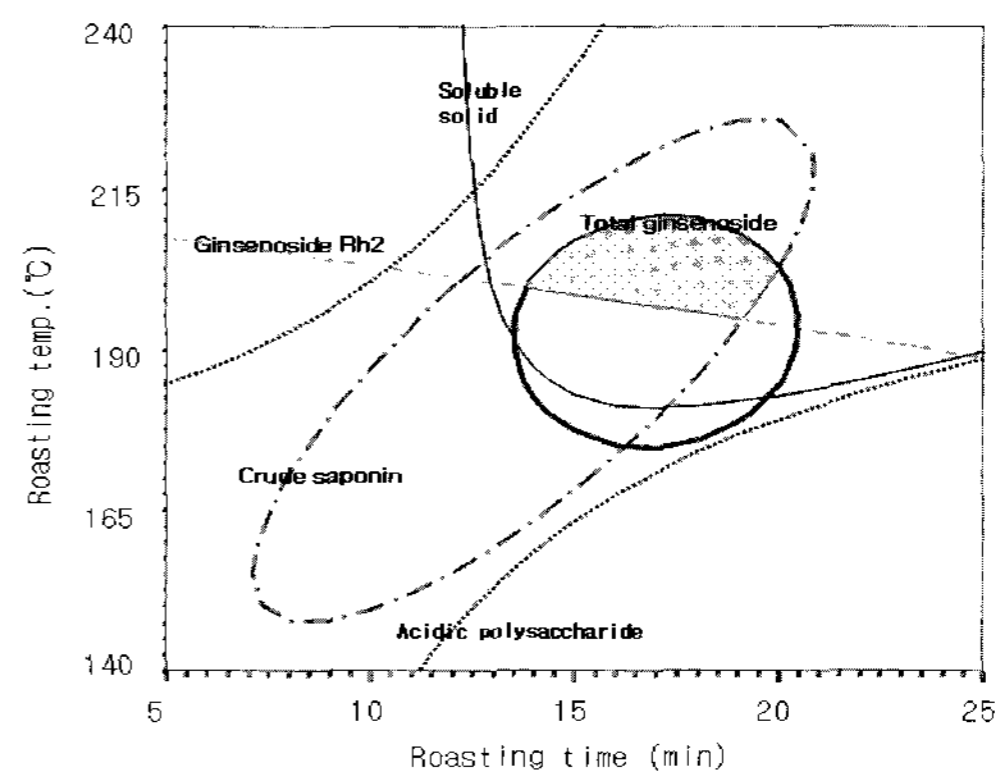


Fig. 3 Superimposed contour maps of optimized conditions for soluble solid, acidic polysaccharide, crude saponin, and ginsenoside (Rh₂ and total) of lateral root of red ginseng by roasting conditions.

최적 볶음조건 예측

볶음처리한 홍삼의 추출물에 대한 가용성 고형분 (0.93%), 산성다당체 함량(2.994%), 조사포닌 함량(4.649%), 진세노사이드 Rh₂ 함량(11.30 mg%) 및 총 진세노사이드 함량(1792 mg%)에 대한 contour map을 superimposing하여 최적 볶음조건 범위를 예측하였다(Fig. 3). 그 결과 가용성 고형분, 산성다당체 함량, 조사포닌 함량 및 Rh₂ 진세노사이드

드 및 총 진세노사이드 함량을 만족시키는 독립변수의 범위 즉, 볶음조건 범위는 볶음 온도 194.5~210.9℃, 볶음시간 13.8~20.0 분으로 예측되었으며, 이를 바탕으로 최적 예측 점에 대한 실증실험을 통하여 예측 회귀식의 신뢰성을 검토할 예정이다.

요 약

반응표면분석법을 이용하여 홍삼 지근의 볶음 온도와 시간에 따른 추출물의 기능성 성분을 모니터링하고 최적 볶음조건을 예측하였다. 그 결과 가용성 고형분, 총 페놀 함량 및 항산화성은 볶음 온도와 시간이 증가함에 따라 그 값이 증가하는 경향을 나타내었으며, 산성다당체 함량은 볶음시간보다 볶음온도에 더 크게 영향을 받는 것으로 나타났다. 이로써 홍삼 지근의 기능성 관련 성분을 고려한 최적 볶음조건은 볶음온도 194.5~210.9℃와 볶음시간 13.8~20.0분으로 예측되었다.

감사의 글

본 논문은 농림기술개발사업에 의해 수행된 연구결과이며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. Park, C.K., Kwak, Y.S., Hwang, M.S., Kim, S.C. and Do, J.H. (2007) Trends and prospect of ginseng products in market health functional food. *Food Sci. Ind.*, 40, 30-45
2. Jeong, C.S., Hyun, J.E. and Kim, Y.S. (2002) Antioxidative effect of ginsenoside Rb₁ on the HCl·ethanol-induced gastric tissue in rats. *Korean J. Pharmacogn.*, 33, 252-256
3. Wang, B.X., Cui, J.C., Liu, A.J. and Wu, S.K. (1983) Studies on the anti-fatigue effect of the saponins of stems and leaves of *Panax ginseng* (SSLG). *J. Tradit. Chin. Med.*, 3, 89-94
4. Saito, H., Yoshida, Y. and Tagaki, K. (1974) Effects of *Panax ginseng* root on exhaustive exercise in mice. *Jpn. J. Pharmacol.*, 24, 119-126
5. Matsuda, H., Samukawa, K. and Kubo, M. (1974) Anti-inflammatory activity of ginsenoside. *Ro. Planta Medica*, 56, 19-23
6. Suh, C.S. and Chun, J.K. (1981) Relationships among the roasting conditions, colors and extractable solid content of roasted barley. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 13, 334-339
7. Park, M.H., Kim, K.C. and Kim, J.S. (1993) Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. *Korean J. Ginseng Sci.*, 17, 228-231
8. 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
9. Lee, G.D., Lee, J.E. and Kwon, J.H. (2000) Application of response surface methodology in food industry. *Food and Industry*, 33, 33-45
10. Wanasundara, P.K.J.P.D. and F, Shahidi. (1996) Optimization of hexameta-phosphate-assisted extraction of flaxseed proteins using response surface methodology. *J. Food Sci.*, 61, 604-607
11. 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
12. Amerine, M.A. and Ough, C.S. (1980) Method for analysis of Musts and Wine. Wiley & Sons, New York, p.176-180
13. Blois, M.S. (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature*, 181, 1199-1203
14. Kato, H., Lee, I.E., Chuyen, N.V., Kim, S.B. and Hayase, F. (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidens. *Agric. Biol. Chem.*, 51, 1333-1338
15. Do, J.H., Lee, H.O., Lee, S.K. and Jang, J.K. (1993) Colorimetric determination of acidic polysaccharide of red ginseng on lipolytic action of toxohormone-L form panax ginseng, its extraction condition and stability. *Korean J Ginseng Sci.*, 17, 139-144
16. Kwon, J.H., Belanger, J.M.R., Pare, J.R.J. and Varoujan, A.Y. (2003) Application of the microwave-assisted process to the fast extraction of ginseng saponins. *Food Res. Int.*, 36, 49-498
17. Shibata, S., Tanaka, T., Ando, T., Sado, M., Tsushima, S. and Ohsawa, T. (1966) Chemical studies on oriental plant drugs (XIV). Protopanaxadiol, a genuine sapogenin of ginseng saponins. *Chem. Pharm. Bull.*, 14, 595-600
18. Lee, C.R., Whang, W.K., Shin, C.G., Lee, H.S., Han, S.T., Im, B.O. and Ko, S.K. (2004) Comparison of composition and contents in fresh ginseng roots cultivated in Korea, Japan and China at various ages. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 36, 847-850

19. Cary, N.C. (1998) SAS : SAS/STAT : User 's Guide Version 6, 4th ed., SAS institute Inc., Vol. 2, 37, 1457-1478
20. Kim, K.Y. (2006) Quality and functional properties of red ginseng prepared with different cultivation year-roots of fresh ginseng produced in Poonggi region. Master's thesis, Kyungpook National University, Daegu, Korea
21. Park, M.H., Kim, C.K. and Kim, J.S.(1993) Changes in the physicochemical properties of ginseng by roasting. Korean J. Ginseng Sci., 17, 228-231
22. Mok, C.K., Song, K.T., Lee, S.K., Na, T.J., Park, J.H., Kwon, Y.A. and Lee, S.J. (2001) Optimization of roasting process as pre-treatment for extraction of Omija (*Schizandra Chinensis* Baillon). Korean J. Food Sci. Technol., 33, 333-337
23. Yoon, S.R., Lee, M.H., Park, J.H., Lee, I.S., Kwon, J.H. and Lee, G.D. (2005) Changes in physicochemical compounds with heating treatment of ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 34, 1572-1578
24. Kim, K.T., Kim, J.O., Lee, G.D and, Kwon, J.H. (2005) Antioxidative and nitrite scavenging activities of *Polygonatum odoratum* root extracts with different steaming and roasting conditions. Korean J. Food Preserv., 12, 166-172
25. Hong, M.J., Lee, G.D., Kim, H.G, and Kwon, J.H. (1998) Changes in functional and sensoryproperties of Chicory roots induced by roasting processes. Korean J. Food Sci. Technol, 30, 413-418
26. Nam, K.Y., Ko, S.R. and Choi, K.J. (1998) Relationship of saponin and non-saponin for the quality of ginseng. J. Ginseng Res., 22, 274-283

(접수 2008년 2월 14일, 채택 2008년 5월 23일)