

둥굴레 근경의 증자 및 볶음조건에 따른 추출물의 항산화성 및 아질산염 소거능 변화

김경태 · 김정옥 · 이기동¹ · 권중호[†]

경북대학교 식품공학과, ¹대구신기술사업단 전통생물소재산업화센터

Antioxidative and Nitrite Scavenging Activities of *Polygonatum odoratum* Root Extracts with Different Steaming and Roasting Conditions

Kyung-Tae Kim, Jung-Ok Kim, Gee-Dong Lee¹ and Joong-Ho Kwon[†]

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

¹DG-Technology Agency, Traditional Bio-Materials Industry Center, Daegu 704-230, Korea

Abstract

Response surface methodology (RSM) was applied to monitor the effects of steaming and roasting conditions of *Polygonatum odoratum* roots on total phenolics content, electron donating ability (EDA) and nitrite-scavenging ability (NSA) of the extract. In steaming and roasting processes based on the central composite design with variations in steaming time (60~180 min), roasting temperature (110~150°C) and roasting time (10~50 min), coefficients of determinations (R^2) were 0.9356 ($p < 0.01$) in total phenolics, 0.9578 ($p < 0.01$) in EDA and 0.9436 ($p < 0.01$) in NSA (pH 3.0). The maximum value of total phenolics was 2847.67 mg% at 135.59 min of steaming time, 143.84°C of roasting temperature and 43.47 min of roasting time. The maximum value of EDA was 75.00% in 108.98 min, 135.56°C and 48.86 min. The maximum value of NSA (pH 3.0) was 87.38% in 162.80 min, 143.88°C and 31.97 min, respectively. Total phenolics content of the extract was influenced by heating conditions in the order of roasting temperature, steaming time and roasting time. While EDA and NSA were appreciably influenced by roasting time, followed by roasting temperature and steaming time.

Key words : *Polygonatum odoratum*, steaming, roasting, total phenol, electron donating ability, RSM

서 론

둥굴레(*Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* Ohwi)는 백합과(Liliaceae)에 속하는 다년생 초본으로 전국 산야의 그늘이나 고산의 초원에서 많이 자생되고, 인공적 재배도 가능한 식용식물이다. 둥굴레의 동속 식물로는 각시둥굴레, 용둥굴레, 진황정, 시베리아둥굴레, 큰둥굴레 등이 있으며, 둥굴레속 식물은 약초로 다룰 때는 황정(黃精) 또는 옥죽(玉竹)이라고 불리운다(1). 우리나라에서 자생하는 둥굴레속 식물은 16종 2변종의 18종류가 알려져 있으며(2), 일반적으로 일컫는 황정은 낚시둥굴레(*Polygonatum sibiricum*

Redoute, 원황정), 둥굴레(*Polygonatum odoratum* var. *pluriflorum* ohwi), 왕둥굴레(*Polygonatum robustum* Nakai), 대잎둥굴레(*Polygonatum falcatum* A. Gray, 진황정) 등의 땅줄기를 채취하여 말린 것을 말한다(3). 둥굴레는 대체로 점액질이 풍부하고 전분질, 탄수화물, 아미노산, 알카로이드, triterpenoid, conbalarin, conbalarin 등의 성분을 많이 함유하는 것으로 보고되고 있다(4). 한방과 민간에서 둥굴레 근경은 자양·강장효과 외에도 당뇨, 갈증해소, 허약증상, 영양불량, 폐결핵, 강심작용, 혈압저하, 혈당저하, 말기암의 보조치료제 등에 효능이 있다고 보고되어 있다(3). 이처럼 한방으로만 전래되어오던 둥굴레의 효능이 점차 알려지면서 최근에는 여러 측면에서 생리화학적 연구가 활발히 진행되어 왕둥굴레 에테르 엑기스에서 β -sitosterol, stigmasterol, diosgenin 등을 동정하고 혈당강화효과가 보고

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

된 바 있다(5, 6).

둥굴레는 볶음처리를 함으로써 둥굴레 중의 환원당과 질소화합물이 갈색화 반응을 일으켜 갈색색소와 구수한 향미물질을 생성하며, 이때 생성된 Maillard 반응 생성물들은 항산화성, 항돌연변이원성 등 여러 가지 생리활성을 나타내는 것으로 밝혀지고 있다(7). 이와 같이 둥굴레의 고유한 향미는 둥굴레의 볶음과정에서 생성되므로 볶음과 관련된 요소는 둥굴레차의 품질을 결정하는 중요한 인자가 될 수 있다고 사료된다(8,9).

따라서 본 연구에서는 중심합성계획법과 반응표면분석을 활용하여 둥굴레 근경의 증자 및 볶음조건에 따른 추출물의 항산화성과 아질산염 소거능의 변화를 확인하였다.

재료 및 방법

재료

실험에 사용된 둥굴레(*Polygonatum odoratum*) 근경은 10월 말경 경남 함양에서 야생 채취하여 재배한 것을 채굴하여 흙과 잔뿌리를 제거한 후 수세하여 사용하였다.

실험계획

본 실험에서는 둥굴레 근경의 열처리 중 항산화 및 아질산염 소거능의 변화를 확인하기 위하여 중심합성계획(10)에 의해 증자시간(X_1), 볶음온도(X_2) 및 볶음시간(X_3)을 독립변수(X_n)로 하여 -2, -1, 0, 1, 2 등의 다섯 단계로 부호화하였으며(Table 1), 16구간의 실험조건을 설계하여 열처리 실험을 실시하였다(Table 2). 각 조건에서 얻는 볶음시료의 추출물을 제조하고 그 추출물의 품질을 종속변수(Y_n)로 하여 총 페놀 함량(Y_1), 전자공여능(Y_2) 및 아질산염 소거능(Y_3)을 측정하고 반응표면(response surface methodology, RSM) 회귀분석을 실시하여 예측회귀식을 도출하였다(11,12). SAS program으로 회귀분석한 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 또한 둥굴레 근경의 증자 및 볶음조건이 추출물의 항산화성 및 아질산염 소거능에 미치는 영향은 예측된 모델식을 바탕으로 Mathematica program(13)을 이용하여 4차원 반응표면분석으로 해석하였다.

Table 1. Levels of steaming and roasting conditions for *Polygonatum odoratum* root based on central composite design

X_i	Steaming and roasting conditions	Levels				
		-2	-1	0	1	2
X_1	Steaming time (min)	60	90	120	150	180
X_2	Roasting temperature (°C)	110	120	130	140	150
X_3	Roasting time (min)	10	20	30	40	50

Table 2. Central composite design for optimization of steaming and roasting conditions of *Polygonatum odoratum* root

Exp. No. ¹⁾	Steaming time (min)	Roasting temperature (°C)	Roasting time (min)
1	90(-1)	120(-1)	20(-1)
2	150(1)	120(-1)	20(-1)
3	90(-1)	120(-1)	40(1)
4	150(1)	120(-1)	40(1)
5	90(-1)	140(1)	20(-1)
6	150(1)	140(1)	20(-1)
7	90(-1)	140(1)	40(1)
8	150(1)	140(1)	40(1)
9	120(0)	130(0)	30(0)
10	120(0)	130(0)	30(0)
11	120(0)	110(-2)	30(0)
12	120(0)	150(2)	30(0)
13	120(0)	130(0)	10(-2)
14	120(0)	130(0)	50(2)
15	60(-2)	130(0)	30(0)
16	180(2)	130(0)	30(0)

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

증자 및 볶음처리

수세한 근경의 증자처리는 전통적 방법을 따라 실험실용 솥에서 수증기로 60~180분에 걸쳐 5가지 조건에서 증자처리 하였다. 그리고 증자시료의 볶음에서 열처리의 균일성을 높이고자 시료의 지름을 약 6 mm로 성형(H Miller, Seoul, Korea)하고 약 2 cm 길이로 절단하여 50°C에서 24시간 열풍 건조하여 수분함량이 10% 이하로 한 다음 실험용 볶음기 (THH-020, Seoul, Korea)에 의해 볶음을 실시하였다. 즉, 미리 소정의 온도까지 상승시킨 오븐 내 볶음 드럼에 시료 150 g을 넣고 온도 110~150°C, 시간 10~50분, 드럼 회전속도 분당 45 rpm으로 고정하여 실험하였으며, 볶음오븐의 온도는 ±2°C 범위 내에서 유지되도록 하였다. 볶음처리가 완료된 시료는 즉시 드럼에서 꺼내어 송풍냉각장치에 옮겨 실온까지 냉각시킨 다음 80 mesh 이하로 분쇄하여 밀봉 보관하면서 추출물 제조용 시료로 사용하였다.

시험용액 조제

실험계획에 의해 설계된 증자 및 볶음조건에 따라 제조한 둥굴레 분말시료 5 g에 증류수를 250 mL를 가하고 2시간 열탕에서 추출한 다음 원심분리(2,500 rpm, 15 min)하고 여과(Whatman No. 41)한 여액을 분석용 시험용액으로 사용하였다.

총 페놀 함량 측정

둥굴레 시험용액의 총 페놀성 성분 함량은 Folin-ciocalteu 시약에 의해 비색 정량하였다(14). 즉 시험용액을 10배 희석한 검액 5 mL에 Folin-ciocalteu 시약 1 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na_2CO_3 5 mL를 넣어 진탕한 후 1시간 실온에

서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 검액 대신 증류수를 넣어 동일하게 처리하였으며, 이때 표준물질로는 tannic acid를 1~10 µg/mL의 농도로 조제하여 검량곡선을 작성하였다.

전자공여능 측정

중심합성계획에 의해 증자 및 볶음 처리된 둥굴레 추출물의 기능적 특성 중 항산화 활성은 전자공여능 시험으로써 α,α-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH)를 사용한 방법으로 측정하였다(15). 즉 DPPH 시약 16 mg을 100 mL absolute ethanol에 용해한 후 증류수 100 mL로 정용, 여과하여 DPPH 시약으로 사용하였다. 전자공여능 측정은 이 시약 5 mL에 10배 희석한 시험용액 1 mL를 가하여 혼합하고 일정시간 후 528 nm에서의 흡광도를 측정하였으며, 이 때 DPPH 시약의 흡광도는 1로 조정하였고 시료 첨가 후 흡광도의 차이를 구한 뒤 여기에 100을 곱하여 전자공여능으로 표시하였다.

아질산염 소거능 측정

둥굴레 추출물의 아질산염 소거능은 발암성 물질인 nitrosoamine 생성의 전구체로 작용하는 아질산염(nitrite)의 소거능을 Kato 등(16)과 Kim 등(17) 등의 방법에 준하여 측정하였다. 즉, 1 mM NaNO₂ 용액 2 mL에 추출물 1 mL를 가하고 여기에 0.1 N HCl(pH 1.2)과 0.2 M 구연산 완충액을 사용하여 반응용액의 pH를 각각 3.0과 4.2로 조정하고 부피를 10 mL로 하였다. 이 액을 37°C에서 1시간 반응시킨 후 각 반응액을 1 mL씩 취하여 2% 초산용액 5 mL, Griess 시약 (30% acetic acid로 각각 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1 비율로 혼합한 것으로 사용 직전 조제) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합한 다음 실온에서 15분간 방치한 후 분광광도계(Shimadzu UV-1601PC, Japan)를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 잔존하는 아질산염의 양을 산출하였다. 대조구는 Griess 시약 대신 증류수 0.4 mL를 가하여 상기와 같은 방법으로 실시하였으며, 아질산염 소거능은 추출액을 첨가한 경우와 첨가하지 않은 경우의 아질산염 백분율(%)로 나타내었다.

결과 및 고찰

총 페놀 함량 변화

중심합성계획을 바탕으로 증자 및 볶음조건에 따른 각각 시료 추출물의 총 페놀성 성분 함량의 측정 결과는 Table 3에 나타내었으며, 반응표면 회귀식은 Table 4에 나타내었다. 총 페놀 함량에 대한 회귀식의 R²는 0.9356으로 유의성은 1% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시하였다. 그 결과 최대값은 2847.67 mg%로 증자시간 135.59분, 볶음온도 143.84°C 및

볶음시간 43.47분일 때였다(Table 5). 총 페놀 성분 함량에 대한 증자 및 볶음조건에 대한 영향은 Fig. 1에서 보는바와 같이 볶음온도가 높고 볶음시간이 길어질수록 증가하는 경향을 나타내었다. Table 6에서도 알 수 있듯이 총 페놀 성분 함량은 볶음온도에 가장 큰 영향을 받고 있었으며, 그 다음으로 증자시간과 볶음시간에 영향을 받는 것으로 나타났다. 즉 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 총 페놀성 성분은 증가하였다. 이러한 경향은 갈변물질에 의해 생성되는 중간물질인 reductone 중에서 catechol, hydroquinone 등과 같은 aromatic acid-reductone류가 생성되어 검출되었기 때문에 사료되며(18), 과도한 볶음조건에서는 수용성분이 줄어들고 불용성 성분이 증가하여 추출물의 총 페놀 성분과 항산화성이 감소한다고 알려져 있다(19).

Table 3. Experimental data on total phenolics, electron donating ability and nitrite-scavenging ability of *Polygonatum odoratum* root under different conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No. ¹⁾	Functional properties			
	Total phenolics (mg%)	Electron donating ability (%)	Nitrite-scavenging ability (%)	
			pH 3.0	pH 4.2
1	742.95	32.1	38.37	37.39
2	1215.49	37.8	54.82	43.11
3	1314.45	60.7	70.32	50.63
4	1131.37	49.7	70.51	51.16
5	1012.62	28.2	35.35	27.55
6	1811.73	58.8	76.37	58.86
7	1997.28	69.2	81.66	51.88
8	2459.92	73.3	82.99	49.55
9	1932.95	59.0	72.16	56.17
10	1932.95	57.0	73.53	55.77
11	690.99	25.2	35.34	28.62
12	2383.23	45.3	77.88	62.61
13	1472.79	27.9	34.22	23.97
14	2353.54	65.8	73.16	60.82
15	819.64	34.5	50.85	32.92
16	2118.51	53.0	72.40	59.21

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

전자공여능의 변화

둥굴레 추출물의 증자 및 볶음 조건에 따른 항산화성을 확인하기 위하여 전자공여능 시험을 실시하고 반응표면 회귀식과 4차원 반응표면을 Table 3, 4 및 Fig. 2에 나타내었다. 즉, 추출물의 전자공여능에 대한 회귀식의 R²는 0.9578 이었고 유의성은 1% 이내의 수준에서 인정되었으며, 예측된 정상점은 최대점이었다. 전자공여능의 예측된 최대값은 75.00%로써 증자시간 108.98분, 볶음온도 135.56°C 및 볶음시간 48.86분의 조건으로 예측되었다(Table 5). Fig. 2에서도 알 수 있듯이 전자공여능의 변화는 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 증가하는 경향을 나타내었다. 다만, 증자시

Table 4. Polynomial equations calculated by RSM program for steaming and roasting conditions of *Polygonatum odoratum* root

Responses	Second order polynomials	R ²	Significance
Total phenolics	$Y_{Tp} = -13254 - 0.695937X_1 + 204.862438X_2 - 109.305812X_3 - 0.128854X_1^2 + 0.405121X_1X_2 - 0.989600X_2^2 - 0.413371X_1X_3 + 1.431838X_2X_3 - 0.049463X_3^2$	0.9356	0.0060
Electron donating ability	$Y_{Edk} = -835.768750 + 12.783750X_2 + 2.468750X_3 - 0.538333X_1 - 0.003958X_1^2 + 0.016667X_1X_2 - 0.056875X_2^2 - 0.01800X_1X_3 + 0.018750X_2X_3 - 0.027875X_3^2$	0.9578	0.0018
Nitrite-scavenging ability	pH 3.0 $Y_{pH3.0} = -753.299375 + 0.267438X_1 + 9.865313X_2 + 5.926438X_3 - 0.003117X_1^2 + 0.010712X_1X_2 - 0.040588X_2^2 - 0.023313X_1X_3 + 0.006612X_2X_3 - 0.047888X_3^2$	0.9436	0.0036
	pH 4.2 $Y_{pH4.2} = -495.703750 + 0.097438X_1 + 6.288938X_2 + 5.684188X_3 - 0.002751X_1^2 + 0.009471X_1X_2 - 0.025888X_2^2 - 0.016179X_1X_3 - 0.007837X_2X_3 - 0.033938X_3^2$		

*X₁: Steaming time (min), X₂: Roasting temperature (°C), X₃: Roasting time (min).

Table 5. Predicted levels of steaming and roasting condition for the maximum responses of variables by the ridge analysis of *Polygonatum odoratum* root

Responses	Steaming time (min)	Roasting temperature (°C)	Roasting time (min)	Maximum	Morphology	
Total phenolics (mg%)	135.59	143.84	43.47	2847.67	Saddle point	
Electron donating ability (%)	108.98	135.56	48.86	75.00	Maximum	
Nitrite-scavenging ability (%)	pH 3.0	162.80	143.88	31.97	87.38	Saddle point
	pH 4.2	165.14	143.07	28.29	65.82	Saddle point

Table 6. Regression analysis for regression model of physicochemical properties in steaming and roasting condition of *Polygonatum odoratum* root

Responses	F-ratio			
	Steaming time (min)	Roasting temperature (°C)	Roasting time (min)	
Total phenolics (mg%)	6.38**	12.04***	5.12**	
Electron donating ability (%)	8.61**	11.75***	21.05***	
Nitrite-scavenging ability (%)	pH 3.0	7.25**	7.91**	15.95***
	pH 4.2	2.73	1.69	3.72*

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

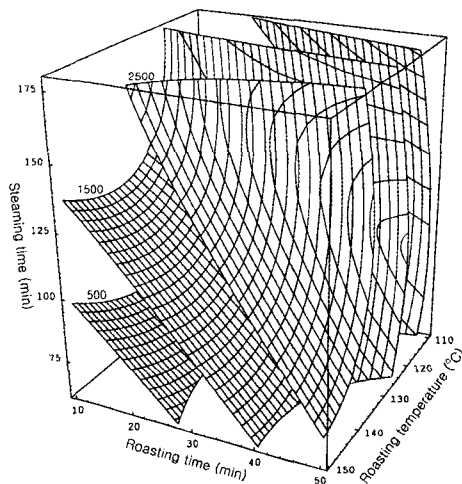


Fig. 1. Response surface for total phenolics in *Polygonatum odoratum* root at constant values (total phenolics : 500-1500-2500 mg%) as a function of roasting temperature, roasting time and steaming time.

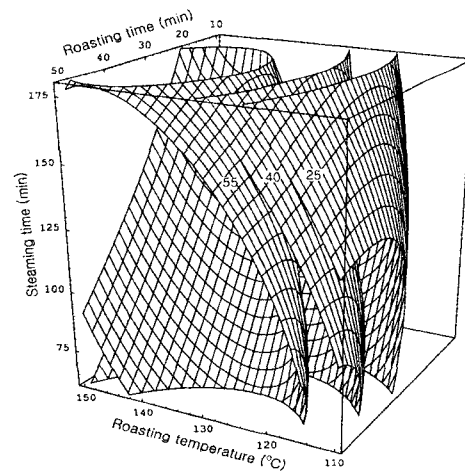


Fig. 2. Response surface for electron donating ability in *Polygonatum odoratum* root at constant values (electron donating ability : 25-40-55%) as a function of roasting temperature, roasting time and steaming time.

간이 긴 조건에서는 볶음시간보다는 볶음온도에 많은 영향을 받았으며, 증자시간이 짧은 조건에서는 볶음온도보다는 볶음시간의 영향이 큰 것으로 나타났다. 본 실험에서 등굴레 추출물의 항산화 작용에 대한 열처리 조건의 영향에서 볶음시간과 볶음온도가 가장 큰 영향을 미쳤으며, 그 다음이 증자시간의 영향인 것으로 나타났다(Table 6). 이러한 결과는 총 페놀성 성분에 대한 반응표면과 유사한 경향으로 가열처리에 의해 식품의 갈색화가 초래되며 갈변물질의 생성이 전자공여능의 증가를 초래한 것으로 판단된다(18,20). Maillard 반응에 의해 생성되는 갈색 반응생성물인 melanoidin의 항산화 효과에 대한 연구 결과가 많이 보고되고 있다. Kirigaya 등(21)은 갈색화 반응 생성물의 항산화력은 갈색도가 증가할수록 커진다고 보고하였으며, 항산화성 원인물질은 최종생성물인 melanoidin이고 melanoidin의 갈색도는 환원력 및 항산화성과 비례 관계가 있음을 보고하였다.

아질산염 소거능의 변화

육가공품 제조 시 발색제로 첨가되는 질산염이나 아질산염은 육색소인 myoglobin 및 hemoglobin과 작용하여 nitrosomyoglobin과 nitrosohemoglobin을 생성하여 육제품의 발색 및 육색의 안정화에 기여할 뿐만 아니라, *Clostridium botulinum*에 대한 정균작용을 나타내며, 육의 보수성과 결착성을 개선하는 데에 중요한 역할을 한다(22). 식품 중에 존재하는 아질산염은 그 자체로서도 독성이 강하지만 특히 2급 아민과 함께 반응하여 강력한 발암물질인 nitrosoamine을 생성하는 것으로 알려져 있다(23). 그리고 Maillard 반응 생성물에 의한 nitrosoamine 생성억제작용이 Kato 등(16)에 의해 보고된 바 있다.

따라서 본 실험에서는 등굴레 추출물이 아질산염의 소거 또는 분해 효과가 있는지를 알아보려고 하였다. 여러 조건에서 증자 및 볶음 처리한 등굴레의 추출물에 대하여 아질산염 소거능을 측정하여 본 결과는 Table 3에 나타내었으며, 반응표면 회귀식은 Table 4에, 4차원 반응표면은 Fig. 3과 Fig. 4에 각각 나타내었다. 즉, pH 3.0에서 측정된 아질산염 소거능에 대한 회귀식의 R²는 0.9436으로 1% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시한 결과, 증자시간 162.80분, 볶음온도 143.88℃ 및 볶음시간 31.97분일 때 최대값은 87.38%로 예측되었다(Table 5). 이 pH에서 측정된 아질산염 소거능은 볶음시간에 가장 큰 영향을 받았으며, 그 다음으로 볶음온도와 증자시간에 영향을 받는 것으로 나타났다(Table 6). 또한 Fig. 3에서 보는바와 같이 아질산염 소거능은 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 증가하였다. 또한 pH 4.2에서 측정된 아질산염 소거능에 대한 회귀식의 R²는 0.8170으로 10% 이내의 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 최대값은 65.82%로 증자시간 165.14분, 볶음온도

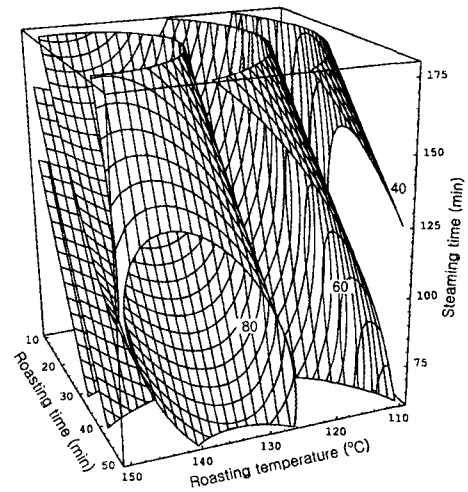


Fig. 3. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 3.0) in *Polygonatum odoratum* root at constant values (nitrite-scavenging ratio (pH 3.0) : 40-60-80%) as a function of roasting temperature, roasting time and steaming time.

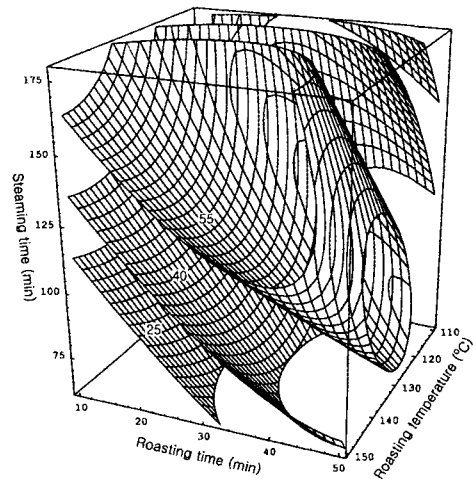


Fig. 4. Response surface for nitrite-scavenging ability (pH 4.2) in *Polygonatum odoratum* root at constant values (nitrite-scavenging ratio (pH 4.2) : 25-40-55%) as a function of roasting temperature, roasting time and steaming time.

143.07℃ 및 볶음시간 28.29분일 때로 나타났다(Table 5). 또한 Fig. 4에서 보는바와 같이 볶음온도와 볶음시간이 증가할수록 소거능이 증가하여 pH 3.0에서 측정된 결과와 유사하였으며, 볶음온도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났다(Table 5). 식품의 가공, 저장 및 조리 중에 용이하게 생성되는 Maillard 반응 생성물은 아질산염 소거능을 나타내는 것으로 알려져 있다(24). 본 실험에서도 갈색화 반응이 높게 나타나는 조건에서 아질산염 소거능이 높은 것으로 나타나 아질산염 소거능을 증가시키는 화합물에는 Maillard 반응 생성물이 포함된 것으로 여겨진다. 볶음조건에 따른 아질산염 소거능의 차이는 가열에 의하여 등굴레 성분 간의 상호작용으로 생성되는 아질산염 소거 유효성분

의 생성량 및 용해도에 기인하는 것으로 생각된다. 이러한 결과는 갈색반응의 생성물질인 melanoidin이 높은 아질산염 소거능을 나타내었다는 Kim(25)의 보고와 유사한 결과였다. Hong 등(26)은 치커리의 볶음처리에 따른 갈색도의 변화는 아질산염의 소거능과 높은 상관계수($r=0.8838$)를 보여 갈변 물질이 많을수록 아질산염 소거능이 높음을 알 수 있었다.

이와 같이 증자, 볶음 등의 열처리는 등굴레 근경에서 갈변물질을 생성하여 항산화성, 아질산염 소거작용 등 다양한 생리활성을 발현하였으며, 따라서 이와 같은 기능적 특성을 극대화함으로써 부가가치가 높은 기능성 가공식품의 개발이 가능할 것이다.

요 약

반응표면분석법을 이용하여 등굴레 근경의 증자 및 볶음 조건에 따른 추출물의 총 페놀성 성분, 전자공여능 및 아질산염 소거능의 변화를 모니터링하였다. 중심합성계획법에 따라 증자시간(60~180 min), 볶음온도(110~150°C) 및 볶음시간(10~50 min)을 달리하였을 때 회귀식의 R^2 는 총 페놀성 성분, 전자공여능 및 아질산염 소거능(pH 3.0)에서 각각 0.9356, 0.9578 및 0.9436으로 1% 수준에서 유의성이 인정되었다. 총 페놀성 성분의 최대값은 증자시간 135.59분, 볶음온도 143.84°C 및 볶음시간 43.47분에서 2847.67 mg%로 예측되었다. 전자공여능의 최대 예측치는 75.00%로 증자시간 108.98분, 볶음온도 135.56°C 및 볶음시간 48.86분일 때였다. 아질산염 소거능(pH 3.0)은 증자시간 162.80분, 볶음온도 143.88°C 및 볶음시간 31.97분일 때 최대값 87.38%로 예측되었다. 등굴레 추출물의 총 페놀성 성분은 볶음온도>증자시간>볶음시간의 순으로, 전자공여능과 아질산염 소거능은 볶음시간>볶음온도>증자시간의 순으로 각각 영향을 크게 받는 것으로 나타났다.

참고문헌

1. Lee, C.B. (1985) Daehan Plant Handbook. Hyangmoonsa, Seoul, p.213-214
2. Nakai, T. (1952) The vascular plant indigenous to Korea. Arranged in a new order, p.140-143
3. Ahn, D.G. (1993) Restorative of Korea. Yeollin Chakdle, Seoul, Korea, p.307-312
4. Rural Development Administration National Crop Experiment Station. (1990) Classification of Korean medicinal plant resources, Korea, p.243-244
5. Lee, E.S. (1994) Hypoglycemic effect of BuOH of *Polygonatum Odoratum* extract in streptozotocin-induced diabetic rats. Duksung Women's University, Korean J.

- Nutri., 28, 727-736
6. Kim, J.K. and Lee, Y.J. (1980) Pharmacognostical studies on the rhizome of *Polygonatum robustum* Nakai. Kor. J. Pharmacogn. 11, 69-74
7. Jung, H.J. and Lee, S.R. (1991) Browning and mutagenicity of roasted barley and sesame seeds. Korean J. Food Sci., 23, 280-285
8. Ryu, K.C., Chung, H.W., Kim, K.T. and Kwon, J.H. (1997) Optimization of Roasting Conditions for High-Quality *Polygonatum odoratum* Tea. Korean J. Food Sci. Technol., 29(4), 776-783
9. Park, N.Y. and Kwon, J.H. (2001) Flavor Compounds of *Polygonatum odoratum* Root and the Influence of Processing Conditions. Food Industry and Nutrition. 6, 3-12
10. 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
11. 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
12. SAS Institute, Inc. (1990) SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA
13. Martha, L.A. and James PB. (1992) The Mathematica Handbook, Copatible with Mathematica, Version 2.0 Harcourt Brace, Massachusetts : An Imprint of a Division of Academic press
14. Amerinem, M.A. and Ough, C.S. (1958) Method for analysis of Musts and Win. Wiley & Sons, New York. p.176-180
15. Blois, M.S. (1958) Antioxidant determination by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-1200
16. Kato, H., Lee, I.E., Chyuen, N.V., Kim, S.B. and Hayase, F. (1987) Inhibitory of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. Agric. Biol. Chem., 51, 1333-1338
17. Kim, D.S., Ahn, B.W., Yeum, D.M., Lee, D.H., Kim, S.B. and Park, Y.H. (1987) Degradation of carcinogenic nitrosamine formation factor by natural food components-1. Nitrite-scavenging effects of vegetable extracts. Bull. Korean Fish Soc., 20, 463-468
18. Do, J.H., Kim, K.H., Jang, J.G. and Yang, J.W. (1989) Changes in color intensity and components during browning reaction of white ginseng water extract. Korean J. Food Sci. Technol., 21, 480-485
19. Suh, C.S. and Chun, J.K. (1981) Relationship among the

- roasting conditions, clors and extractable solid content of roasted barley. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 13, 334-339
20. Choi, K.J., Kim, M.W., Hong, S.K. and Kim, D.H. (1983) Effect of solvents on the yield, brown color intensity, UV absorbance, reducing and antioxidant activities of extracts from white and red ginseng. *J. Korean Agric. Chem. Soc.*, 26, 8-18
21. Kirigaya, N., Kato, H. and Fujimaki, M. (1968) Studies on antioxidant activity of non-enzymatic browning reaction products (1), reaction of color intensity and reductones with antioxidant activity of browning reaction products. *Agric. Biol. Chem.*, 32, 287-290
22. Hotchkiss, J.H. (1998) A review of current literature on N-nitroso compounds in foods. *Advanced in Food Research*, 31, 54-115
23. Macrae, R., Robinson, R.K. and Sadler, M.J. (1993) *Encyclopedia of food science food technology and nutrition*. Academic press, New York, NY, USA, p. 3240-3249
24. Kim, S.B., Do, J.R., Lee, Y.W., Gu, Y.S., Kim, C.N. and Park, Y.H. (1990) Nitrite-scavenging effects of roasted-barley extracts according to processing conditions. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 22, 748-752
25. Kim, S.B. (1986) Chemical analysis and Biological action of Maitillard Reaction products. *Korean J. Food Sci.*, 19, 25-35
26. Hong, M.J., Lee, G.D., Kim, H.G., and Kwon, J.H. (1998) Changes in functional and sensory properties of Chicory roots induced by roasting processes. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 30, 413-418

(접수 2005년 1월 14일, 채택 2005년 3월 25일)