

반응표면분석을 이용한 생강의 추출효율 및 기능성에 대한 모니터링

임태수¹ · 권오준² · 권중호³ · 김현구^{1*}

¹한국식품연구원

²경북전략산업기획단

³경북대학교 식품공학과

Monitoring of Extraction Yields and Functional Properties of Ginger (*Zingiber officinale*) Extracts Using Response Surface Methodology

Tae-Soo Lim¹, O-Jun Kwon², Joong-Ho Kwon³ and Hyun-Ku Kim^{1*}

¹Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea

²Gyeongbuk Regional Innovation Agency, Gyeongsan 712-210, Korea

³Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

Abstract

Extraction characteristics of ginger (*Zingiber officinale*) and the functional properties of the corresponding extracts were monitored by the response surface methodology (RSM). The maximum extraction yield of 38.83% was obtained under the specific extraction conditions, such as microwave power of 126.68 W, ethanol concentration of 53.39% and extraction time of 8.15 min. The maximum electron donating ability (EDA) was found as 77.92% at the conditions of 58.25 W microwave power, 91.87% ethanol concentration and 5.54 min extraction time. The maximum inhibitory effect on tyrosinase was 79.39% at 106.08 W, 2.06% and 5.61 min. The maximum polyphenol content was 105.59% under the extraction conditions of 81.82 W, 99.52% and 4.06 min. Based on superimposition of four dimensional RSM with respect to extraction yield and electron donating ability and polyphenol content obtained under the various extraction conditions, the optimum ranges of extraction conditions were found to be microwave power of 0~80 W, ethanol concentration of 0~40% and extraction time of 3~7 min.

Key words: ginger, response surface methodology, extraction yield, functional property

서 론

국민소득이 증가되고 식생활 양식이 변화하여 고혈압, 동맥경화증, 심장병 등의 성인병 질환이 증가함에 따라 이의 예방관리를 위한 기능성식품의 중요성이 절실히 인식되고 있다. 특히 식물류 중에 들어있는 생리활성 성분에 대한 관심이 높아지면서 여러 가지 생리적 효능을 갖고 있고 인체에 대한 안전성과 약효가 입증된 천연물을 선호하는 경향이 높아지고 있다. 또한 현대인의 생활양식이 편의 위주로 변함에 따라 이러한 천연물의 유효성분을 신속하고 간편하게 이용할 수 있도록 천연물 중의 가용성 물질을 추출하여 첨가한 드링크류의 의약품이나 건강식품이 많이 개발되고 있다.

생강(*Zingiber officinale*)은 주로 열대 및 아열대 지역에서 재배되는 생강과에 속하는 다년생 식물의 뿌리이며, 국내 양념채소류 중 수확성이 높은 고소득 작물이다. 근경(根莖)을 주로 식용하며, 그 특유한 향기와 매운맛으로 인하여 오

랫동안 향신료로서 사용되어 왔으며, 또한 약리작용으로 인해 기능성식품으로의 활용 등 이용범위가 넓어지고 있다. 생강의 풍미성분인 정유성분(essential oil)과 매운맛 성분을 함유하는 oleoresin으로 분류되며 특히, 매운맛 성분인 gingerol, zingerone 및 shogaol 등이 항산화 효과를 나타내는 것으로 알려져 있다. 최근 들어 생강의 oleoresin, gingerol, shogaol fraction이 NK cell 용해를 활성화시켜 면역능 증진 효과가 연구 보고되었다. 생강의 약리 효능에 관한 연구로는 생강 추출물의 DNA 손상억제작용, 종양억제 및 소염작용, 생강의 essential oil을 이용한 감기, 두통, 관절염 및 정신적 피로 등을 치료한다는 연구와 체내 지질저하 효과, 항산화제로서의 작용 및 항균작용 등이 보고되어 있다(1,2).

생강의 주요 성분은 gingerol, shogaol, zingerone 등의 독특한 향과 매운맛을 지니고 있어 전세계적으로 애용되고 있는 향신료 중의 하나이다. 일반적으로 생강은 생체 생강, 건조생강, oleoresin, ginger oil 등으로 가공 유통되어, 의약품,

*Corresponding author. E mail: hyunku@kfri.re.kr
Phone: 82 31 780 9134, Fax: 82 31 709 9876

음료, 각종 식품첨가물 및 화장품 소재로 다양하게 이용되고 있다. Ginger oil이나 oleoresin은 의약품, ginger ale, ginger soda 등의 탄산음료, 각종 식품첨가물, 소스류, ginger candy, 잼류, marmalade 등의 과자류 가공소재 또는 화장품 소재로서 널리 이용되고 있다. 생강 중의 여러 성분에서는 항산화력이 있는 것으로 알려져 있다. 특히 gingerol은 생강의 주된 항산화 성분으로 그동안 많은 연구가 수행되어 왔다. 한편 shogaol과 zingerone은 신선한 생강 중에는 존재하지 않으며 생강의 조제, 가공, 저장 중에 탈수와 retro-aldol 반응에 의하여 생기는 gingerol의 유도체로 gingerol보다 자극성이 떨어지므로 이 두 반응은 바람직하지 않으며 oleoresin 중에 이들의 함량이 증가될수록 품질이 저하된 것으로 간주된다. 이 반응을 자세히 살펴보면 먼저 gingerol은 retro-aldol 반응에 의해 zingerone과 aliphatic aldehyde로 되는데 이들은 oleoresin의 off-flavor 생성의 원인이 되며 대략 200°C 이상에서 가열시 일어난다고 한다. 또한 gingerol은 탈수에 의해 shogaol이 되는데 이것은 pH와 온도에 영향을 받아 pH가 산성일수록 그리고 온도가 증가할수록 촉진되며 알칼리 조건에서는 실온에서도 급속히 일어나며 온도에 대한 영향은 대략 100~180°C 범위에서 일어난다고 한다. 그러므로 pH가 산성일수록, 그리고 온도가 증가할수록 gingerol은 shogaol 및 zingerone으로 급속히 전환되므로 자극성의 감소뿐만 아니라 항산화력에도 변화가 있을 것으로 기대된다(3,4).

국내산 생강의 경우 oleoresin 추출수율이 외국산에 비하여 매우 낮은 뿐만 아니라 원료비 측면에서도 대외 경쟁력이 낮은 관계로 국내에서 이용되는 oleoresin은 대부분이 수입에 의존하고 있는 실정이다. 생강에는 섬유질과 전분 함량이 다른 향신료보다 상당히 높기 때문에 착즙 수율이 낮은 뿐만 아니라 착즙 중 대부분의 전분이 착즙액으로 유입되어 여과와 농축공정을 저해하여 생강차와 소재성 가공원료로서의 활용을 제한하고 있다. 국내에서는 한국산 생강의 높은 원료비로 인하여 가공용 생강은 대부분 수입에 의존하고 있으며, 가공용 생강은 생체 생강의 형태로 조리용 향신료에서만 이용되고 있다. 따라서 국내 생산된 생강의 수요처 및 소비량은 거의 한정된 수준이나 최근 생강의 재배면적이 전국으로 확대되는 추세로서 생산량 증가에 따른 가격폭락 현상이 빈번히 발생하여 농가의 생산의욕 저하와 생산기피 현상을 유발하고 있다. 이에 따라 국내 생강 산지에서는 한국산 생강 산업의 보호와 발전을 위하여 새로운 소비 수요를 창출하고 활용도를 증대시킬 수 있는 새로운 가공기술의 개발을 요구하고 있는 실정이다. 또한, 생강은 저장온도에 따라서 10°C 이하에서는 생리적 장애를 입어 부패하게 되고 18°C 이상에서는 발아하게 되므로 저장관리가 어려워 가공 중에도 가식 부분이 공기 중에 노출되었을 경우 쉽게 반응하여 착색, 향미, 영양가의 변화를 초래하므로 저장, 가공에 있어서 어려

움을 안고 있다(5,6).

따라서 본 연구에서는 생강의 기능성 물질의 최적 추출조건을 설정하고자 하였으며, 이를 위해서 시료에 대한 마이크로웨이브 에너지, 에탄올 농도, 추출시간에 따른 유용성분의 추출특성과 기능성을 반응표면분석으로 모니터링하였다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에 사용된 생강(*Zingiber officinale*)은 2005년 4월에 수확된 것을 가락시장에 구입하여 실험에 사용하였다. 시료는 깨끗이 수세하여 0.5 cm의 크기로 세절한 후 45°C 온도에서 열풍 건조하였다. 건조된 시료는 분쇄기(Kaiser, KFN-400S, 킹스톤기전(주), 한국)를 사용하여 0.5 mm 이하의 크기로 분쇄한 후 0.2 mm PE film에 밀봉 포장하여 냉동고에 보관하면서 사용하였다.

반응표면분석을 위한 실험계획

본 실험에서는 추출조건에 따른 추출특성의 모니터링과 추출조건을 최적화를 위하여 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)(7)을 사용하였다. 추출조건에 대한 실험계획은 중심합성계획(central composite design)(8)을 사용하였으며, 반응표면분석을 위해 SAS(statistical analysis system)(9)를 사용하였다. 실험계획은 Table 1과 같이 추출공정에서 중요한 변수로 고려되는 인자 즉, 마이크로웨이브 에너지(30~150 watt, X_1), 에탄올 농도(0~100%, X_2), 추출시간(1~9분, X_3)을 -2, -1, 0, 1, 2의 5단계로 부호화하여 중심합성계획에 따라 16구간으로 설정하여 추출실험을 실시하였다. 또한 이들 요인변수에 의해 영향을 받는 종속변수(Y_n) 즉, 수율, 전자공여작용, tyrosinase 저해효과, polyphenol 함량으로 하였으며, 이들은 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다.

추출 및 수율 측정

마이크로웨이브 추출(microwave-assisted extraction, MAE)에 사용된 추출장치는 Soxwave-100(Prolabo, France)으로 마이크로웨이브 에너지 강도를 30 W(watt) 단위에 최대 300 W까지 높일 수 있었으며 주파수는 2,450 MHz이었다. 추출수율은 실험계획에 따라 마이크로웨이브로 추출된 추출물을 회전감압증발기(Rotavapor R-123, Buchi, Flawil, Switzerland)로 감압 농축한 후 건조오븐(Forced convection oven, Jeico Tech, Gimpo, Korea)을 이용하여 105°C 상압가열건조법(10)을 적용하여 향량이 될 때까지 건조한 후 추출액 조제에 사용한 원료 건물량에 대한 고형분 수율(% db.)로 나타내었다.

전자공여작용 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)

은 Kang 등의 방법(11)을 이용하여 각각의 추출물에 대한 DPPH(2,2-diphenyl-picrylhydrazyl)에 대한 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 추출물 1 mL에 4×10^{-4} M DPPH용액(99.9% ethyl alcohol에 용해) 1 mL를 가하여 총액의 부피가 2 mL가 되도록 하였다. 이 반응액을 약 10초간 혼합하고 실온에 30분 방치한 후 분광광도계(UV/VIS spectrometer, Jasco, SSE-343, Hachioji, Japan)를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 전자공여작용은 추출물의 첨가 전·후의 차이를 백분율로 나타내었다.

$$\text{EDA} (\%) = \left(1 - \frac{A}{B}\right) \times 100$$

A: 추출물 첨가구의 흡광도

B: 추출물 무첨가구의 흡광도

Tyrosinase 저해효과

Tyrosinase 저해효과 측정은 Wong 등의 방법(12)에 따라 측정하였으며 tyrosinase 조효소액은 mushroom tyrosinase (Sigma, T7755, 110 units/mL)를 50 mM sodium phosphate buffer(pH 7.0)에 용해하여 사용하였다. 효소활성의 측정은 10 mM catechol 용액 2.8 mL에 tyrosinase 조효소액 0.2 mL, 추출액 0.1 mL를 가하고 분광광도계를 사용하여 420 nm에서 흡광도 변화를 측정하였다. Tyrosinase에 대한 효소활성 저해효과는 단위시간당 변화된 초기 흡광도의 변화값을 측정하여 다음의 식에 의해 계산하였다.

$$\text{Inhibitory effect} (\%) = \left\{1 - \left(\frac{A-B}{C}\right)\right\} \times 100$$

A: 효소액 첨가구의 흡광도 변화값

B: 효소액 대신 buffer 첨가구의 흡광도 변화값

C: 추출물 대신 증류수 첨가구의 흡광도 변화값

Polyphenol 함량 측정

폴리페놀의 함량(polyphenol content)은 분석방법으로 널리 사용되고 있는 Folin-Denis방법(13)으로 측정하였으며, 각각의 추출조건에 따라 제조된 추출물의 1/2 희석액을 사용하였다. 즉, 희석액 5 mL에 Folin reagent 5 mL를 가하고 3분간 정치한 다음 5 mL의 10% Na_2CO_3 용액을 가하였다. 이 혼합액을 1시간 동안 정치한 후 분광광도계를 사용하여 760 nm에서 흡광도를 측정하고 (+)catechin을 이용하여 작성한 표준곡선으로부터 총 폴리페놀 함량을 mg%로 구하였다.

최적 추출조건 예측

조건별 추출물의 최적 추출조건 예측은 수율, 전자공여능, tyrosinase 저해능 및 polyphenol 함량에 대한 반응표면을 superimposing하였을 때 중복되는 부분의 범위로 예측하였다. 또한 예측된 범위에서 임의의 점을 설정하여 회귀식에 대입하여 최적값을 예측하였다.

결과 및 고찰

수율의 변화

중심합성계획에 의한 16구간의 추출조건에 따라 추출실험을 실시하여 얻어진 수율의 결과는 Table 1에 나타내었으며, 각각의 결과를 이용한 반응표면 회귀식은 Table 2에 나타내었다. 수율에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9152이고 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 최대점으로 능선분석을 실시하여 본 결과, 수율의 최대값은 38.83%이었고, 이때의 요인변수들의 값은 마이크로웨이브 에너지 126.68 watt, 에탄올 농도 53.39% 및 추출시간 8.15분이었다(Table 3). 각각의 추출조건에 따른 수율에 대한 반응표면분석 결과 얻어진 4차원 반응표면은 Fig. 1에 나타내었

Table 1. Experimental data on yield, polyphenol, electron donating ability, tyrosinase inhibition, nitrite-scavenging ability and polyphenol content of ginger by central composite design for response surface analysis

No ¹⁾	Microwave power (watt)	Ethanol concentration (%)	Extraction time (min)	Yield (%)	Electron donating ability (%)	Tyrosinase inhibition (%)	Polyphenol content (%)
1	60 (1)	25 (1)	3 (1)	43.93	57.35	54.75	43.12
2	60 (1)	25 (1)	7 (1)	45.05	55.21	50.32	41.69
3	60 (1)	75 (1)	3 (1)	66.42	19.45	40.38	88.76
4	60 (1)	75 (1)	7 (1)	67.31	25.21	41.65	87.32
5	120 (1)	25 (1)	3 (1)	55.33	66.25	57.32	39.22
6	120 (1)	25 (1)	7 (1)	52.16	60.34	59.22	38.07
7	120 (1)	75 (1)	3 (1)	59.21	21.99	45.45	77.12
8	120 (1)	75 (1)	7 (1)	53.15	20.35	48.64	78.37
9	90 (0)	50 (0)	5 (0)	54.93	40.04	51.58	44.16
10	90 (0)	50 (0)	5 (0)	55.31	40.92	51.93	43.19
11	30 (2)	50 (0)	5 (0)	54.79	37.66	59.84	49.31
12	150 (2)	50 (0)	5 (0)	52.89	45.38	62.25	51.57
13	90 (0)	0 (2)	5 (0)	32.23	73.71	60.35	41.44
14	90 (0)	100 (2)	5 (0)	76.95	15.24	38.55	93.04
15	90 (0)	50 (0)	1 (2)	61.07	33.72	60.21	55.96
16	90 (0)	50 (0)	9 (2)	66.21	47.60	65.32	57.21

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

Table 2. Polynomial equations calculated by RSM program for extraction conditions of ginger

Response	Second order polynomial equations ¹⁾	R ²	Significance
Yield	$Y_Y = 14.245313 + 0.352917X_1 + 0.94925X_2 + 2.907813X_3 - 0.001764X_1^2 - 0.000742X_1X_2 - 0.0109X_2^2 + 0.010937X_1X_3 + 0.037125X_2X_3 + 0.4375X_3^2$	0.9152	0.0130
Electron donating ability	$Y_{EDA} = -5.274375 + 0.499542X_1 + 1.00605X_2 + 2.731875X_3 - 0.000356X_1^2 - 0.006647X_1X_2 - 0.000212X_2^2 - 0.023417X_1X_3 - 0.0078X_2X_3 + 0.5325X_3^2$	0.9239	0.0096
Tyrosinase inhibition	$Y_{TI} = -56.282812 + 0.257167X_1 + 0.7394X_2 + 1.205313X_3 + 0.000289X_1^2 - 0.002725X_1X_2 + 0.001598X_2^2 - 0.023271X_1X_3 + 0.030425X_2X_3 + 0.01125X_3^2$	0.9696	0.0007
Polyphenol content	$Y_{PC} = 71.102187 - 0.309417X_1 - 0.0942X_2 - 8.932812X_3 + 0.001879X_1^2 - 0.002178X_1X_2 + 0.009426X_2^2 + 0.006188X_1X_3 + 0.005975X_2X_3 + 0.806875X_3^2$	0.9057	0.0174

¹⁾X₁: microwave power (watt), X₂: ethanol concentration (%), X₃: extraction time (min).

Table 3. Predicted levels of extraction condition for the maximum responses of variables by the ridge analysis in ginger

Responses	X ₁ ¹⁾	X ₂ ²⁾	X ₃ ³⁾	Maximum	Morphology
Yield	126.68	53.39	8.15	38.83	Maximum
Electron donating ability	58.25	91.87	5.54	77.92	Saddle point
Tyrosinase inhibition	106.08	2.06	4.61	79.39	Saddle point
Polyphenol content	81.82	99.52	5.06	105.59	Minimum

¹⁾Microwave power (watt), ²⁾Ethanol concentration (%), ³⁾Extraction time (min).

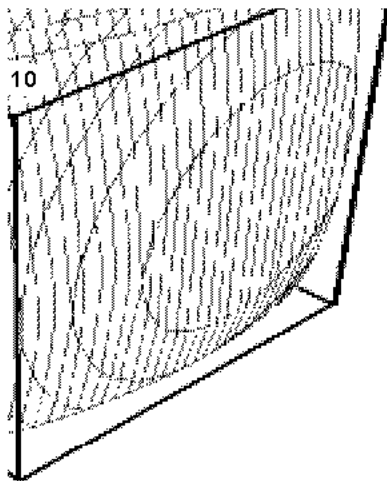


Fig. 1. Response surface for yield in ginger extract at constant values (yield: 10–20–30%) according to ethanol concentration, extraction time and microwave power.

다. 즉 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 수율이 증가되는 것으로 나타났다. 수율에 대한 추출조건의 영향은 Table 4에서와 같이 마이크로웨이브 에너지와 에탄올 농도에 큰

영향을 받고 있었으며, 추출시간에 대한 영향은 다소 적은 것으로 나타났다. 이러한 결과는 Park 등(14)의 산국 에탄올 추출물의 가용성 고형분 함량이 시료에 대한 용매비와 추출시간의 영향보다는 에탄올 농도에 의해 영향을 많이 받고 있다는 보고와 유사한 경향을 나타내었다.

전자공여작용의 변화

천연물의 전자공여작용은 활성 라디칼에 전자를 공여하고 식품 중의 지방질 산화를 억제하는 특성을 가지고 있으며, 인체 내에서는 활성 라디칼에 의한 노화를 억제시키는 역할을 하고 있다(13). 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화를 방지하는데 대단히 중요한 역할을 한다. 따라서 전자공여능 측정은 DPPH 라디칼 소거법으로 측정하며, DPPH법은 tocopherol, ascorbate, flavonoid 화합물, 방향족 아민류, Maillard형 갈변 생성물질, peptide 등의 항산화 활성을 나타내는 생리활성 물질에 의해 환원됨으로써 짙은 자색이 발색되는 정도에 따라 항산화 작용으로서 수소공여능을 측정하는 방법으로 이용되어왔다(15). 생강의 추출조건에 따른 추출물의 전자공여작용은 Table 1에 나타내었으며, 전자공여작용의 변화에 대한 4차원 반응표면은 Fig. 2에 나타내었다. 추출조건에 있어 마이크로웨이브 에너지, 에탄올 농도 및 추출시간에 따른 전자공여능의 변화에 대한 반응표면 회귀

Table 4. Regression analysis for regression model of physicochemical properties in extraction condition of ginger

Extraction conditions	F ratio			
	Yield	Electron donating ability	Tyrosinase inhibition	Polyphenol content
Microwave power	1.35	2.57	0.98	0.28
Ethanol concentration	12.11***	16.51***	46.78***	14.18***
Extraction time	3.13	1.06	0.71	0.46

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

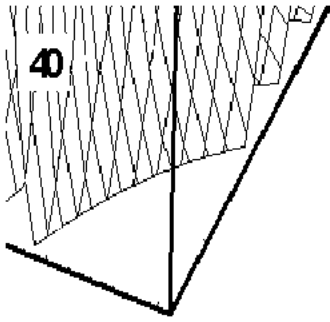


Fig. 2. Response surface for electron donating ability in ginger extract at constant values (electron donating ability: 40–50–60%) according to ethanol concentration, extraction time and microwave power.

식은 Table 2와 같으며, 전자공여작용에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9239로 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 생강 추출물의 전자공여작용은 Table 3과 같이 마이크로웨이브 에너지 58.25 watt, 에탄올 농도 91.87% 및 추출시간 5.54분일 때 77.92%로 가장 높은 값을 나타내었으며, 이러한 최대값을 나타내는 조건을 벗어날수록 전자공여작용은 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 생강 추출물의 전자공여작용에 대한 추출조건의 영향은 수율과 마찬가지로 에탄올 농도에 크게 영향을 받고 있는 것으로 나타났다(Table 4). 이러한 결과는 Yoon 등(16)의 복분자 추출조건에서 전자공여작용이 에탄올 농도에 의해 크게 영향을 받고 있다는 보고와 유사한 경향을 보였다.

Tyrosinase 저해효과의 변화

생강 추출물에 대한 tyrosinase 저해효과는 Table 1과 같이 대체로 높은 값을 나타내었다. Tyrosinase(dihydroxy-L-phenylalanine oxygen oxidoreductase, EC 1.14.18.1)는 식품의 가공이나 저장 중에 효소적 갈변화를 일으키는 효소(17)로 알려져 있는데, 본 실험에 사용한 생강 추출물은 tyrosinase 저해효과가 우수한 것으로 나타났다. 반응표면분석 결과 얻어진 4차원 반응표면은 Fig. 3에 나타내었다. Tyrosinase 저해효과에 대한 회귀식의 R^2 는 0.9696으로 10% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시하여 본 결과 최대값은 79.39%로 나타났다. 이때의 추출조건은 Table 3에서와 같이 마이크로웨이브 에너지 106.08 watt, 에탄올 농도 2.06% 및 추출시간 461분이었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 tyrosinase 저해효과는 에탄올 농도가 낮을수록, 마이크로웨이브 에너

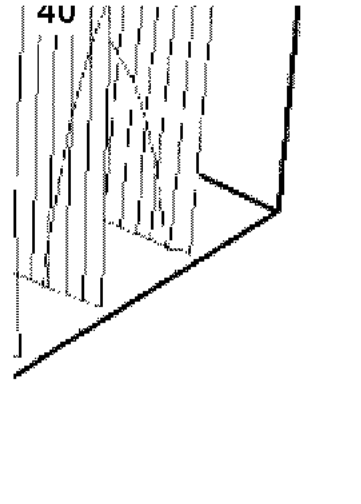


Fig. 3. Response surface for tyrosinase inhibition in ginger extract at constant values (tyrosinase inhibition: 20–40–80%) according to ethanol concentration, extraction time and microwave power

지가 높을수록 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 추출조건에 대한 영향은 Table 4에서와 같이 수율 및 전자공여작용과 유사하게 에탄올 농도에 가장 크게 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 마이크로웨이브 에너지와 추출시간에 대해서는 영향을 적게 받는 것으로 나타났다.

Polyphenol 함량의 변화

식품 유래 기능성물질의 대표적인 성분중의 하나로서 플라보노이드, 프로시아니딘, 탄닌, 안토시아닌 및 페놀산과 같은 페놀성분이 있다. 이들 폴리페놀은 한 분자내에 2개 이상의 phenolic hydroxyl를 가진 방향족 화합물이며 항암, 항염증 및 항혈전 작용을 지니고 있는 항산화성 생리활성 물질이다(18,19). Polyphenol에 대한 생강 추출물의 R^2 는 0.9057로 유의성이 10% 이내의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 최소점으로 나타나 능선분석을 실시해 본 결과 최대값은 105.59%로 나타났으며, 이때의 최적 추출조건은 마이크로웨이브 에너지 81.82 watt, 에탄올 농도 99.52% 및 추출시간 5.06분일 때로 나타났다(Table 3). Polyphenol 함량에 대한 반응표면은 Fig. 4에 나타내었다. 추출조건에 대한 영향은 Table 4에서 보는 바와 같이 polyphenol 함량은 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 마이크로웨이브 에너지와 추출시간에 대한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

최적 추출조건의 예측

생강의 추출조건을 설정하기 위하여 조건별 추출물의 수율, 전자공여능, tyrosinase 저해능 및 polyphenol 함량에 대한 4차원 반응표면을 superimposing하여 중복되는 부분으

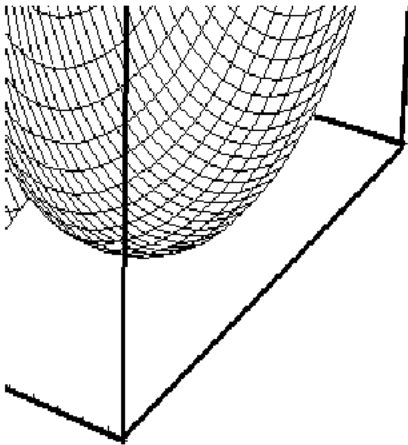


Fig. 4. Response surface for polyphenol in ginger extract at constant values (polyphenol content: 45–60–75%) according to ethanol concentration, extraction time and microwave power.

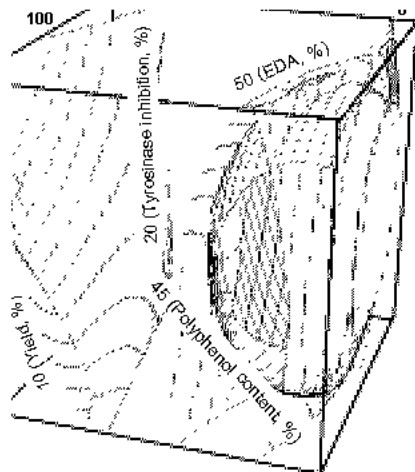


Fig. 5. Superimposed response surface for optimization of yield (10%), electron donating ability (50%), tyrosinase (20%), and polyphenol content (45%) of extract from ginger.

로 최적 추출조건 범위를 예측하였다. 그 결과 생강 추출물의 품질특성을 최대화할 수 있는 추출조건으로 Fig. 5의 dark zone과 같이 마이크로웨이브 에너지 0~80 watt, 에탄올 농도 0~40%, 추출시간 3~7분으로 나타났으며(Table 5), 이 범위내의 임의의 조건(마이크로웨이브 에너지 40 watt, 에탄올 농도 20% 및 추출시간 5분)에서 수율 22.92%, 전자공여능 35.76%, tyrosinase 저해효과 56.52% 및 polyphenol 함량은 37.68%로 예측되었다(Table 6). 그래서 RSM기법에 의해 예측된 값과 동일조건에서 실제 실험하여 얻은 실험치

Table 5. Optimum extraction condition for maximum responses of yield, electron donating ability, tyrosinase inhibitory effect and polyphenol content of ginger by superimposing their contour maps

Extraction condition	Range of optimum condition	Optimum condition
Microwave power (watt)	0~80	50
Ethanol concentration (%)	0~40	20
Extraction time (min)	3~7	5

Table 6. Comparison between predicted and observed values of response variable for ethanol extracts from ginger at the given condition within the range of optimum condition

Response variable	Predicted values ¹⁾	Experimental values ²⁾
Yield	22.92	21.79
Electron donating ability	35.76	35.34
Tyrosinase inhibitory effect	56.52	55.96
Polyphenol content	37.68	36.53

¹⁾Calculated using the predicted equations for response variables. Given conditions of independent variables: microwave power 50 watt, ethanol concentration 20%, and extraction time 5 min (Table 5).

²⁾Mean values of triplicate determinations.

를 비교했을 때 예측 범위와 유사한 값을 가지거나 조금 높은 값 또는 낮은 값을 나타내어 도출된 회귀식의 신뢰성을 검증할 수 있었다.

요 약

반응표면분석법을 이용하여 생강의 추출조건에 따른 기능성을 모니터링하였다. 중심합성계획법에 따라 마이크로웨이브 에너지(30~150 watt), 에탄올 농도(0~100%), 추출시간(1~9분)을 달리하였을 때 회귀식 R^2 는 추출수율, 전자공여작용, tyrosinase 저해효과 및 polyphenol 함량이 각각 0.9152, 0.9239, 0.9696과 0.9057로 분석되었다. 조건별 추출물의 수율, 전자공여능, tyrosinase 저해효과, polyphenol에 대한 4차원 반응표면을 superimposing하여 얻은 최적 추출조건 범위는 마이크로웨이브 에너지 0~80 watt, 에탄올 농도 0~40%, 추출시간 3~7분으로 나타났다. 최적 추출조건 범위 내의 임의의 조건인 마이크로웨이브 에너지 50 watt, 에탄올 농도 20%, 추출시간 5분을 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측값은 추출물의 수율 22.92%, 전자공여능 35.76%, tyrosinase 저해효과 56.52%, polyphenol 함량은 37.68%로 나타났다.

문 헌

1. Park SH, Baek SH, Han JH. 2004. Effects in blood pressure and cerebral blood flow with green ginger and development of health drink by using it. *Korean J Food Culture* 19:

- 150 157.
2. Ryu HS, Kim HS. 2004. Effect of *Zingiber officinale* Roscoe extracts on mice immune cell activation. *Korean J Nutr* 37: 23 30.
 3. Jo KS. 2000. Analysis of gingerol compound of raw ginger and its paste by high performance LC/MS. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 29: 747 751.
 4. Lee JG, Jang HJ, Kwang JJ, Lee DW. 2000. Comparison of the volatile components of Korean ginger by different extract methods. *Korean J Food Nutr* 13: 66 70.
 5. Kim JY, Ahn MS. 1994. Changes of antioxidative properties according to the heat treatment of ginger extracts. *Korean J Soc Food Sci* 10: 63 70.
 6. Jeong MC, Lee SE, Lee YC. 1999. Yield and quality of ginger extracts produced by enzymatic hydrolysis. *Korean J Food Sci Technol* 31: 391 398.
 7. Gontard N, Guilbert S, Cuq JL. 1992. Edible wheat gluten films: influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. *J Food Sci* 57: 190 196.
 8. Lee GD, Lee JE, Kwon JH. 2000. Application of response surface methodology in food industry. *Food and Industry* 33: 33 45.
 9. SAS Institute, Inc. 1990. SAS User's Guide. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
 10. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemist, Washington, DC, USA. p 1010 1011.
 11. Kang YH, Park YK, Lee GD. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol* 28: 232 239.
 12. Wong TC, Luh BS, Whitaker JR. 1971. Isolation and characterization of polyphenol oxidase of clingstone peach. *Plant Physiology* 48: 19 23.
 13. Folin O, Denis W. 1912. On phosphotungstic phosphomolybdic compounds as color reagents. *J Biol Chem* 12: 239 249.
 14. Park NY, Lee GD, Jeong YJ, Kwon JH. 1998. Optimization of extraction conditions for physicochemical properties of ethanol extracts from *Chrysanthemum boreale*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 27: 585 590.
 15. Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199 1204.
 16. Yoon SR, Jeong YJ, Lee GD, Kwon JH. 2003. Changes in phenolic compounds properties of Rubi Fructus extract depending on extraction conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 32: 338 345.
 17. Jung S, Lee N, Kim SJ, Han D. 1995. Screening of tyrosinase inhibitor from plants. *Korean J Food Sci Technol* 27: 891 896.
 18. An Bj, Bae MJ, Choi HJ, Zhang YB, Sung TS, Choi C. 2002. Natural products, organic chemistry: isolation of polyphenol compounds from the leaves of Korean persimmon (*Diospyrus kaki* L. Folium). *J Korean Soc Agric Chem Biotechnol* 45: 212 217.
 19. Ahmad N, Gupta S, Mukhtar H. 2000. Green tea polyphenol epigallocatechin 3 gallate differentially modulates nuclear factor κ B in cancer cells versus normal cells. *Arch Biochem Biophys* 376: 338 346.

(2007년 1월 3일 접수; 2007년 2월 28일 채택)