

## 반응표면분석을 이용한 양파의 추출효율 및 기능성에 대한 모니터링

임태수<sup>1</sup> · 도정룡<sup>1</sup> · 권오준<sup>2</sup> · 김현구<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>한국식품연구원  
<sup>2</sup>경북전략산업기획단

### Monitoring on Extraction Yields and Functional Properties of Onion (*Allium cepa*) Extracts by Using Response Surface Methodology

Tae-Soo Lim<sup>1</sup>, Jeong-Ryong Do<sup>1</sup>, O-Jun Kwon<sup>2</sup> and Hyun-Ku Kim<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea  
<sup>2</sup>Gyeongbuk Regional Innovation Agency, Gyeongsan 712-210, Korea

#### Abstract

Extraction characteristics of onion (*Allium cepa*) and the functional properties of corresponding extracts were monitored by the response surface methodology (RSM). The maximum extraction yield of 44.02% was obtained under the specific extraction conditions, such as microwave power of 143.13 W, ethanol concentration of 61.77% and extraction time of 3.39 min. The maximum electron donating ability (EDA) was found as 45.85% at the conditions of 143.55 W microwave power, 27.52% ethanol concentration and 4.86 min extraction time. The maximum inhibitory effect on tyrosinase was 65.40% at 132.29 W, 36.47% and 7.62 min. The maximum superoxide dismutase (SOD)-like activity was 69.84% under the extraction conditions of 99.41 W, 8.47% and 7.13 min. Based on superimposition of four dimensional RSM with respect to extraction yield, electron donating ability and SOD-like activity obtained under the various extraction conditions, the optimum ranges of extraction conditions were found to be microwave power of 0~120 W, ethanol concentration of 70~80% and extraction time of 2~10 min.

**Key words:** monitoring, functional property, onion, response surface methodology

#### 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.

양파(*Allium cepa*)는 우리 식생활에서 중요한 향신료로 다양한 기능성에 대한 연구가 진행되어 왔다. 항산화효과(1), 혈중 콜레스테롤 감소(2), 항암작용(3), 항균작용(3), 고혈압 및 당뇨병(4,5)에 대한 효과 등의 중요한 생리활성을 가지는 것으로 알려져 있다. 특히, 양파의 향기성분인 유기

황화합물과 flavonoid계 색소성분인 quercetin이 주요 생리활성 물질로 밝혀졌다(6). 그러나 양파는 저장성이 낮고 유통시 변색, 변패되어 활용도가 낮은 편이다.

따라서 본 연구에서는 양파의 기능성 물질의 최적 추출조건을 설정하고자 하였으며, 이를 위해서 시료에 대한 마이크로웨이브 에너지, 에탄올 농도, 추출 시간에 따른 유효성분의 추출특성과 기능성을 반응표면분석으로 모니터링하였다.

#### 재료 및 방법

##### 실험 재료

본 실험에 사용된 양파(*Allium cepa*)는 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.

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

### 반응표면분석을 위한 실험계획

본 실험에서는 추출조건에 따른 추출특성의 모니터링과 추출조건의 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%,  $X_2$ ), 추출 시간(1~9분,  $X_3$ )를 -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, SOD 유사활성으로 하였으며, 이들은 3회 반복 측정하여 그 평균값을 회귀분석에 사용하였다.

### 추출 및 수율 측정

마이크로웨이브 추출(MAE)에 사용된 추출장치는 Sox-wave-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 회전 감압 증발기(Rotavapor R-123, Buchi, Flawil, Switzerland)로 감압 농축한 후 건조오븐(Forced convection oven, Jeico Tech, Kimpo, Korea)을 이용하여 105°C 상압가열건조법(10)을 적용하여 항량이 될 때까지 건조한 후 추출액 조제에 사용한 원료 건물량에 대한 고품분 수율(% , d.b.)로 나타내었다.

### 전자공여작용 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating abilities, EDA)은 Kang 등의 방법(11)을 이용하여 각각의 추출물에 대한 DPPH( $\alpha, \alpha$ -diphenyl-picrylhydrazyl)에 대한 각 시료의 환원력을 측정하였다. 즉, 추출물 1 mL에  $4 \times 10^{-4}$  M DPPH용액(99.9% ethyl alcohol에 용해) 1 mL을 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 저해 효과

Tyrosinase 저해 효과 측정은 Wong 등의 방법(12)에 따라 측정하였으며 tyrosinase 조효소액은 mushroom ty-

rosinase(Sigma, T7755, 110 units/mL)을 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 저해 효과는 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

### Superoxide dismutase(SOD) 유사활성

SOD 유사활성의 측정은 Marklund와 Marklund의 방법을 변형한 Kim 등(13)의 방법을 이용하여 실시하였다. 즉, 각 추출물을 감압 농축한 후 tris-HCl buffer(50 mM tris [hydroxymethyl]amino-methane + 10 mM EDTA, pH 8.5)를 이용하여 pH 8.5로 조절된 시료액을 만들었다. 각 시료 0.2 mL에 pH 8.5로 보정한 tris-HCl buffer(50 mM tris [hydroxymethyl]amino-methane + 10 mM EDTA) 3 mL와 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL를 가하고 25°C에서 10분간 방치 후 1 N HCl 1 mL로 반응을 정지시킨 후 분광광도계를 이용하여 420 nm에서의 흡광도를 측정하여 시료 첨가 및 무첨가구간의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

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

A: 추출물 첨가구의 흡광도

B: 추출물 무첨가구의 흡광도

단, A, B는 대조구의 흡광도를 제외한 수치임.

### 최적 추출조건 예측

조건별 추출물의 최적 추출조건 예측은 수율, 전자공여능, SOD 유사활성에 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 0.8835이고 10%이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안

**Table 1. Experimental data on yield, polyphenol, electron donating ability, tyrosinase inhibition, nitrite-scavenging ability and superoxide dismutase (SOD)-like activity of onion by central composite design for response surface analysis**

No <sup>1)</sup>	Microwave power (watt)	Ethanol concentration (%)	Extraction time (min)	Yield (%)	Electron donating ability (%)	Tyrosinase inhibition (%)	SOD-like activity (%)
1	60 (-1)	25 (-1)	3 (-1)	24.45	38.01	54.75	55.85
2	60 (-1)	25 (-1)	7 ( 1)	30.05	40.57	50.32	58.25
3	60 (-1)	75 ( 1)	3 (-1)	13.00	12.82	40.38	22.57
4	60 (-1)	75 ( 1)	7 ( 1)	22.00	15.36	41.65	25.93
5	120 ( 1)	25 (-1)	3 (-1)	24.50	43.82	57.32	60.95
6	120 ( 1)	25 (-1)	7 ( 1)	21.50	44.00	59.22	65.35
7	120 ( 1)	75 ( 1)	3 (-1)	37.00	21.90	45.45	30.88
8	120 ( 1)	75 ( 1)	7 ( 1)	22.50	22.53	48.64	32.59
9	90 ( 0)	50 ( 0)	5 ( 0)	21.50	40.46	51.58	49.49
10	90 ( 0)	50 ( 0)	5 ( 0)	21.00	41.22	51.93	50.02
11	30 (-2)	50 ( 0)	5 ( 0)	36.55	39.67	59.84	55.76
12	150 ( 2)	50 ( 0)	5 ( 0)	37.59	43.60	62.25	54.48
13	90 ( 0)	0 (-2)	5 ( 0)	19.50	40.34	60.35	67.83
14	90 ( 0)	100 ( 2)	5 ( 0)	11.53	9.78	38.55	21.79
15	90 ( 0)	50 ( 0)	1 (-2)	24.50	37.55	60.21	56.92
16	90 ( 0)	50 ( 0)	9 ( 2)	26.00	41.69	65.32	60.39

<sup>1)</sup>The number of experimental conditions by central composite design.

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

Response	Second order polynomial equations <sup>1)</sup>	R <sup>2</sup>	Significance
Yield	$Y_Y = 26.405 - 0.443958X_1 - 0.0192X_2 + 7.659375X_3 + 0.003006X_1^2 + 0.0055X_1X_2 - 0.004294X_2^2 - 0.066875X_1X_3 - 0.02025X_2X_3 - 0.0625X_3^2$	0.8835	0.0309
Electron donating ability	$Y_{EDA} = 33.884062 + 0.016X_1 + 0.1334X_2 + 1.956563X_3 + 0.000221X_1^2 + 0.001168X_1X_2 - 0.006312X_2^2 - 0.008938X_1X_3 + 0.001075X_2X_3 - 0.07625X_3^2$	0.8759	0.0365
Tyrosinase inhibition	$Y_{TI} = 100.754688 - 0.496292X_1 - 0.22675X_2 - 8.922188X_3 + 0.002581X_1^2 + 0.000098333X_1X_2 - 0.000922X_2^2 + 0.017188X_1X_3 + 0.017475X_2X_3 + 0.688125X_3^2$	0.8067	0.1129
SOD-like activity	$Y_{SOD} = 88.102812 - 0.243708X_1 - 0.3734X_2 - 4.824062X_3 + 0.00149X_1^2 + 0.0004625X_1X_2 - 0.001978X_2^2 + 0.000729X_1X_3 - 0.004325X_2X_3 + 0.55625X_3^2$	0.8926	0.0248

<sup>1)</sup>X<sub>1</sub>: microwave power (watt), X<sub>2</sub>: ethanol concentration (%), X<sub>3</sub>: extraction time (min).

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

Responses	X <sub>1</sub> <sup>1)</sup>	X <sub>2</sub> <sup>2)</sup>	X <sub>3</sub> <sup>3)</sup>	Maximum	Morphology
Yield	143.13	61.77	3.39	44.02	Saddle point
Electron donating ability	143.55	27.52	4.86	45.85	Saddle point
Tyrosinase inhibition	132.29	36.47	7.62	65.40	Saddle point
SOD-like activity	99.41	8.47	7.13	69.84	Saddle point

<sup>1)</sup>Microwave power (watt). <sup>2)</sup>Ethanol concentration (%). <sup>3)</sup>Extraction time (min).

장점으로 능선분석을 실시하여 본 결과, 수율의 최대값은 44.02%이었고, 이때의 요인변수들의 값은 마이크로웨이브 에너지 143.13 watt, 에탄올 농도 61.77% 및 추출시간 3.39분이었다(Table 3). 각각의 추출조건에 따른 수율에 대한 반응표면분석 결과 얻어진 4차원 반응표면은 Fig. 1에 나타내었다. 즉 마이크로웨이브 에너지가 증가할수록 수율이 증가되는 것으로 나타났다. 수율에 대한 추출조건 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 전자공

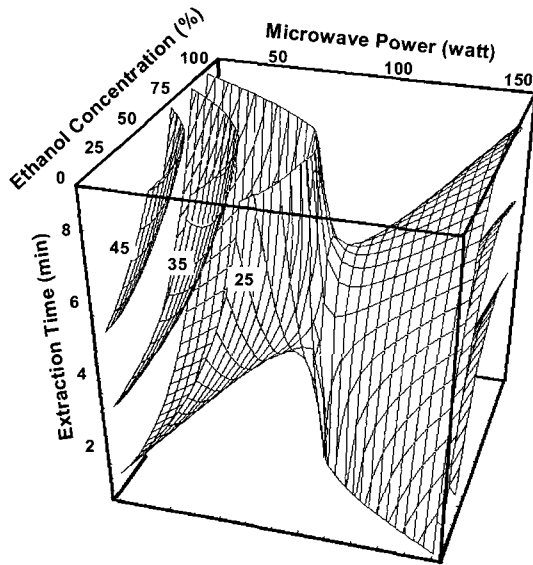


Fig. 1. Response surface for yield in onion extract at constant values (yield: 25~35~45%) as a function of ethanol concentration, extraction time and microwave power.

여능 측정은 DPPH 라디칼 소거법으로 측정하며, DPPH법은 tocopherol, ascorbate, flavonoid 화합물, 방향족 아민류, Maillard형 갈변 생성물질, peptide 등의 항산화 활성을 나타내는 생리활성 물질에 의해 환원됨으로서 짙은 자색이 발색되는 정도에 따라 항산화 작용으로서 수소공여능을 측정하는 방법으로 이용되어왔다(15). 양파의 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 회귀식은 Table 2와 같으며, 전자공여작용에 대한 회귀식의  $R^2$ 는 0.8759로 10%이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 양파 추출물의 전자공여작용은 Table 3과 같이 마이크로웨이브 에너지 143.55 watt, 에탄올 농도 27.52% 및 추출시간 4.86분일 때 45.85%로 가장 높은 값을 나타내었으며, 이러한 최대값을 나타내는 조건을 벗어날수록 전자공여작용은 감소하는 경향을 나타내었다(Fig. 2). 양파 추출물의 전자공여작용에 대한 추출조건에 대한 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 같은 경향을 보였다.

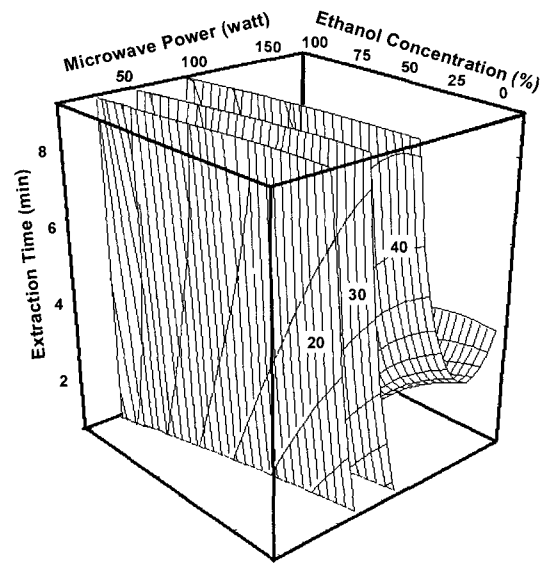


Fig. 2. Response surface for electron donating ability in onion extract at constant values (electron donating ability: 20~30~40%) as a function of ethanol concentration, extraction time and microwave power.

Tyrosinase 저해효과의 변화

양파 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 양파 추출물은 tyrosinase 저해효과가 우수한 것으로 나타났다. 반응표면분석 결과 얻어진 4차원 반응표면은 Fig. 3에 나타내었다. Tyrosinase 저해효과에 대한 회귀식의  $R^2$ 는 0.8067로 10%이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 실시하여 본 결과 최대값은 65.40%로 나타났다. 이때의 추출조건은 Table 3에서와 같이 마이크로웨이브 에너지 132.29 watt, 에탄올 농도 36.47% 및 추출시간 7.62분이었다. Fig. 3에서 보는 바와 같이 tyrosinase 저해효과는 에탄올 농도가 낮을수록, 마이크로웨이브 에너지가 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.

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

Extraction conditions	F-ratio			
	Yield	Electron donating ability	Tyrosinase inhibition	SOD-like activity
Microwave power	5.79**	0.42	1.09	0.25
Ethanol concentration	4.17*	9.47***	3.81*	11.50***
Extraction time	1.99	0.09	1.09	0.38

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

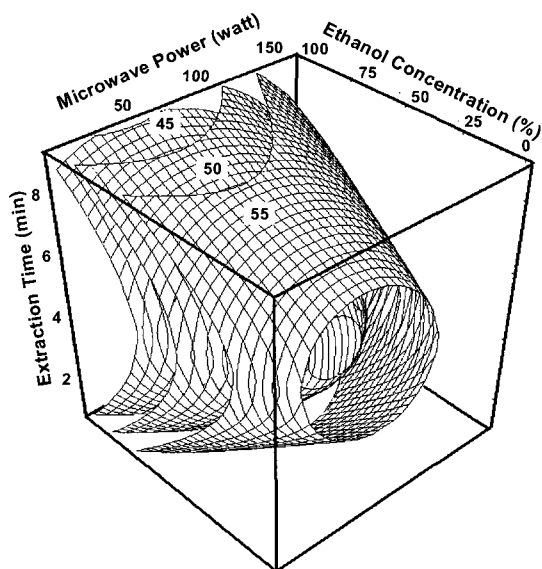


Fig. 3. Response surface for tyrosinase inhibition in onion extract at constant values (tyrosinase inhibition: 45~50~55%) as a function of ethanol concentration, extraction time and microwave power.

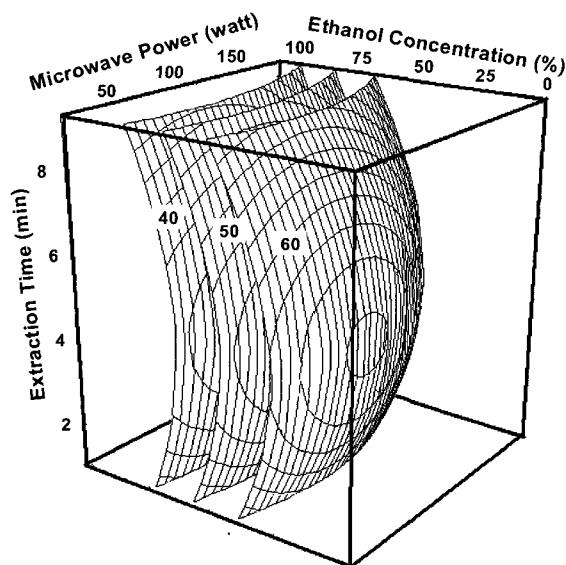


Fig. 4. Response surface for SOD-like activity in onion extract at constant values (SOD-like activity: 40~50~60%) as a function of ethanol concentration, extraction time and microwave power.

SOD 유사활성의 변화

SOD는 생체 내에서 O<sub>2</sub>(superoxide) 소거에 관여하는 효소(18)이며 체내에서 생성된 활성 산소는 생체내에서 산화적 장애를 초래하게 되므로 이런 현상을 억제하기 위해 SOD 유사활성을 지닌 천연물 소재를 개발하는데 많은 연구가 이루어지고 있다. SOD 유사활성에 대한 양파 추출물의 R<sup>2</sup>는 0.8926으로 유의성이 10%이내의 유의수준에서 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 나타나 능선분석을 실시해 본 결과 최대값은 69.84%로 나타났으며, 이때의 최적 추출조건은 마이크로웨이브 에너지 99.41 watt, 에탄올 농도 8.47% 및 추출시간 7.13분일 때로 나타났다(Table 3). SOD 유사활성에 대한 반응표면은 Fig. 4에 나타내었다. 추출조건에 대한 영향은 Table 4에서 보는 바와 같이 SOD 유사활성은 에탄올 농도에 가장 큰 영향을 받고 있는 것으로 나타났으며, 마이크로웨이브 에너지와 추출시간에 대한 영향은 거의 없는 것으로 나타났다.

최적 추출조건의 예측

양파의 추출조건을 설정하기 위하여 조건별 추출물의 수율, 전자공여능 및 SOD 유사활성에 대한 4차원 반응표면을 superimposing하여 중복되는 부분으로 최적 추출조건 범위를 예측하였다. 그 결과 양파의 추출물의 품질특성을 최대화할 수 있는 추출조건으로 Fig. 5의 dark zone과 같이 마이크로웨이브 에너지 0~120 watt, 에탄올 농도 70~90%, 추출시간 2~10분으로 나타났으며(Table 5), 이 범위내의 임의의 조건(마이크로웨이브 에너지 60 watt, 에탄올 농도 80% 및 추출시간 6분)에서 수율 17.88%, 전자공여능 17.81%, tyrosinase 저해효과 42.51% 및 SOD 유사활성 27.80%로 예측

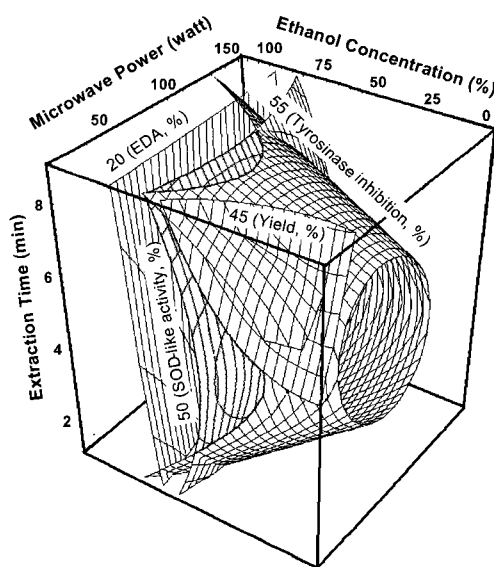


Fig. 5. Superimposed response surface for optimization of yield (6%), electron donating ability (15%), tyrosinase inhibitory effect (55%), and SOD-like activity (40%) of extract from onion.

Table 5. Optimum extraction condition for maximum responses of yield, electron donating ability, tyrosinase inhibitory effect and SOD-like activity of onion by superimposing their contour maps

Extraction condition	Range of optimum condition	Optimum condition
Microwave power (watt)	0~120	60
Ethanol concentration (%)	70~90	80
Extraction time (min)	2~10	6

되었다(Table 6). 그래서 RSM기법에 의해 예측된 값과 동일조건에서 실제 실험하여 얻은 실험치를 비교했을 때 예측

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

Response variable	Predicted values <sup>1)</sup>	Experimental values <sup>2)</sup>
Yield	17.88	18.90
Electron donating ability	17.81	18.93
Tyrosinase inhibitory effect	42.51	44.65
SOD-like activity	27.80	27.35

<sup>1)</sup>Calculated using the predicted equations for response variables. Given conditions of independent variables: microwave power 60 watt, ethanol concentration 80%, and extraction time 6 min (Table 5).

<sup>2)</sup>Mean values of triplicate determinations.

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

## 요 약

반응표면분석법을 이용하여 양파의 추출조건에 따른 가능성을 모니터링하였다. 중심합성계획법에 따라 마이크로웨이브 에너지(30~150 watt), 에탄올 농도(0~100%), 추출시간(1~9분)을 달리하였을 때 회귀식 R<sup>2</sup>는 추출수율, 전자공여작용, tyrosinase 저해효과 및 SOD 유사활성에서 각각 0.8835, 0.8759, 0.8067과 0.8926으로 분석되었다. 조건별 추출물의 수율, 전자공여능, tyrosinase 저해효과, SOD 유사활성에 대한 4차원 반응표면을 superimposing하여 얻은 최적 추출조건 범위는 마이크로웨이브 에너지 0~120 watt, 에탄올 농도 70~90%, 추출시간 2~10분으로 나타났다. 최적 추출조건 범위내의 임의의 조건인 마이크로웨이브 에너지 60 watt, 에탄올 농도 80%, 추출시간 6분을 각각의 회귀식에 대입하여 얻은 예측값은 추출물의 수율 17.88%, 전자공여능 17.81%, tyrosinase 저해효과 42.51%, SOD 유사활성 27.35%로 나타났다.

## 문 헌

- Jurdi HD, Macneil JH, Yared DM. 1987. Antioxidant activity of onion and garlic juices in stored cooked ground lamb. *J Food Protection* 50: 411-413.
- Bakhsh R, Khan S. 1990. Influence of onion (*Allium cepa*) and chaunga (*Caraluma tubercula*) on serum cholesterol, triglycerides, total lipides in human subjects. *J Agriculture* 6: 425-428.
- Bughes BG, Lawson LD. 1991. Antimicrobial effects of *Allium sativum* L., *Allium ampeloprasum*. and *Allium cepa* L. *Phytother Res* 5: 154-158.
- Jain RC, Vyas CR, Mahatma OP. 1973. Hypoglycemic action of onion and garlic. *Lancet* 302: 1491.
- Morimitsu Y, Kawakishi S. 1990. Inhibition of platelets aggregation from onion. *Phytochemistry* 29: 3435-3439.
- Chung DO, Park ID, Jung HO. 2001. Evaluation of functional properties of onion, rosemary, and thyme extracts in onion kimchi. *Korean J Soc Food Cookery Sci* 17: 218-223.
- 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.
- Lee GD, Lee JE, Kwon JH. 2000. Application of response surface methodology in food industry. *Food and Industry* 33: 33-45.
- SAS Institute, Inc. 1990. *SAS User's Guide*. Statistical Analysis Systems Institute, Cary, NC, USA.
- AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of official analytical chemists, Washington, DC, USA. p 1010-1011.
- 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.
- Wong TC, Luh BS, Whitaker JR. 1971. Isolation and characterization of polyphenol oxidase of clingstone peach. *Plant Physiology* 48: 19-23.
- Kim SM, Cho YS, Sung SK. 2001. The antioxidant ability and nitrite scavenging ability of plant extracts. *Korean J Food Sci Technol* 33: 626-632.
- 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.
- Blois MS. 1958. Antioxidant determination by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1204.
- 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.
- Jung S, Lee N, Kim SJ, Han D. 1995. Screening of tyrosinase inhibitor from plants. *Korean J Food Sci Technol* 27: 891-896.
- Kim SM, Kim EJ, Cho YS, Sung SK. 1999. Antioxidant of pine extracts according to preparation method. *Korean J Food Sci Technol* 31: 527-534.

(2006년 10월 12일 접수; 2006년 11월 15일 채택)