

## Prediction of the Optimum Conditions for Microwave-Assisted Extraction of the Total Phenolic Content and Antioxidative and Nitrite-scavenging Abilities of Grape Seed

Eunjin Lee<sup>1</sup>, Jeong-Sook Kim<sup>2</sup>, Hyun-Ku Kim<sup>3</sup> and Joong-Ho Kwon<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 701-702, Korea

<sup>2</sup>Department of Food Nutrition & Culinary, Keimyung College, Daegu 704-703, Korea

<sup>3</sup>Korea Food Research Institute, Songnam 463-746, Korea

### 포도씨의 총페놀 성분, 항산화능 및 아질산염소거능에 대한 마이크로웨이브 추출조건 예측

이은진<sup>1</sup> · 김정숙<sup>2</sup> · 김현구<sup>3</sup> · 권중호<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>경북대학교 식품공학부, <sup>2</sup>계명문화대학 식품영양조리과, <sup>3</sup>한국식품연구원

#### Abstract

Response surface methodology (RSM) was used for the microwave-assisted extraction (MAE) of the effective components of grape seed, such as its antioxidative and nitrite-scavenging abilities. Microwave power (2,450 MHz, 0-160W), ethanol concentration (0-100%), and MAE time (1-5 min) were used as independent variables (Xi) for the central composite design to yield 16 different MAE conditions. The optimum MAE conditions were predicted for the dependent variables of the extracts, such as the total phenolic content (Y<sub>1</sub>), antioxidative ability (Y<sub>2</sub>), and nitrite-scavenging ability (Y<sub>3</sub>), depending on different microwave powers, ethanol concentrations, and MAE times. The determination coefficients (R<sup>2</sup>) of the regression equations for the dependent variables ranged from 0.8024 to 0.9498. The maximal values of each dependent variable were predicted at different MAE conditions, as follows: 3.19% total phenolic content at 142.32W, 44.30% ethanol, and 4.36 min, and 1.22 antioxidative ability at 84.44W, 56.60% ethanol, and 3.28 min. More than 99.5% nitrite-scavenging ability was predicted at pH 1.2-3.0, 30.80-106.58W, 49.32-55.18% ethanol, and 3.72-4.58min, respectively. The results indicated that the total phenolic content and antioxidative ability showed a higher correlation with each other in that they were more influenced by microwave power than by the other variables, while the nitrite-scavenging ability was largely influenced by the ethanol concentration.

Key words : grape seed, microwave-assisted extraction, total phenolics, antioxidant ability, nitrite-scavenging ability

#### 서 론

인간의 평균수명이 길어짐에 따라 사회적으로 노년층이 증가되어 건강과 노화방지에 대한 관심이 증대되고 있다. 최근에는 인간의 건강뿐만 아니라 환경 보존적 차원의 생활 방식인 LOHAS 식생활에 대한 관심이 높아지고 있다.

갈매나무목(*Rhamnales*) 포도과(*Vitaceae*)에 속하는 포도(*grape/Vitis vinifera*)는 세계 과실 생산량의 약 30%를 차지

하고 있다. 포도는 프랑스에서는 98%, 미국에서는 68%가 양조용으로 소비되는 등 주로 양조용으로 사용되어 왔다. 포도의 가공에서 포도씨는 전체 중량의 3-5%를 차지하는 부산물로서(1) 지방 함량이 많아 전 세계적으로 식용유지로 주로 이용되며 천연첨가물로서 포도종자추출물이 허용되어 있다. 또한 기타 생식이나 기능성 화장품 성분으로 소량 이용되기는 하나 그 이용이 미미한 실정이며, 우리나라에서는 포도가공과정에서 대부분 식품폐기물로 버려지는 경우가 많다.

그러나 포도씨에는 flavan-3-ol 형태의 폴리페놀 성분이 함유되어 있으며(2,3), 자유라디칼 소거 및 과산화이온 형

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

성억제에 관련된 항산화 작용(4,5), 항암 작용(6,7), 항균 작용(8,9) 등 여러 생리활성이 밝혀지면서 유용성분을 효과적으로 추출하는 방법이 필요하게 되었다. 특히, 친환경적 방법으로서 추출효율이 높고 에너지 및 용매 소비량이 적은 안전한 추출방법의 확보가 요구되고 있다.

마이크로웨이브 추출공정은 시료 혼합물 전체가 마이크로웨이브 에너지에 노출되어 천연물 내에 있는 목적성분이 신속하게 용리되는 방법이다(10). 따라서 본 연구진은 천연 폐자원 포도씨에서 기능성분을 효과적으로 추출하기 위하여 포도씨 카테킨류 및 추출물의 전자공여능에 대한 마이크로웨이브 추출공정의 적용 가능성을 보고한 바 있다(11-13). 본 연구에서는 포도씨의 총페놀 함량, 항산화능 및 아질산염소거능에 대한 마이크로웨이브 최적 추출조건을 예측하여 천연소재의 기능성분에 대한 신속한 추출방법을 찾고자 하였다.

### 재료 및 방법

#### 실험재료

본 실험에 사용된 포도는 2008년 8월 경북 영천시 *Campbell Early* 이었으며, 포도씨를 분리하여 깨끗이 세척한 후 35~45°C에서 열풍건조하고 4°C 냉장 보관하면서 사용하기 직전 10 mesh 이하로 분쇄하여 사용하였다.

#### 마이크로웨이브 추출방법

마이크로웨이브 추출장치(2,450 MHz, programmable power/max. 2,450 W, time control)로서 환류냉각관이 장치된 상압추출장치(Prolabo, Fontenay-sous-Bois, France)였다. 추출방법은 입자크기(10 mesh, 1.651 mm)와 시료대 용매비(1:10)를 고정하고 에탄올을 추출용매로 하여 microwave power, 에탄올 농도 및 추출시간에 따른 추출특성 실험을 실시하였다.

추출조건 최적화를 위한 중심합성 실험계획 및 결과 분석  
 식품성분의 마이크로웨이브 추출효율은 추출시간, 용매 농도, microwave power 등의 추출조건에 따라 달라진다(10,14,15). 따라서 포도씨 성분의 최적 추출조건 예측을 위하여 중심합성계획(16)에 따라 microwave power (0~160 W), 에탄올 농도(0~100%), 및 추출시간(1~5 min)을 각각 독립변수(Xi)로 하여 -2, -1, 0, 1, 2의 5단계로 부호화 하였다(Table 1). 이와 같이 설정된 16구간의 추출조건으로 실험하여 얻은 추출물의 기능성분 특성(종속변수, Yn)은 3회 반복으로 측정하여 SAS (statistical analysis system) program(17)에 의해 회귀분석 하였다. 한편, 추출조건에 따른 추출물의 총페놀 함량, 항산화능, 아질산염소거능의 측정값(종속/반응변수)을 반응표면분석(response surface methodology,

RSM)(16,18)에 의해 모니터링 하였다. 이 때 임계점이 안정점일 경우에는 능선분석을 실시하여 최적점을 구하였고, 각 성분에 대한 최적 추출조건을 예측하였다. 그리고 예측된 모델식을 바탕으로 Mathematica program(19)에 의해 4차원 반응표면분석을 실시하여 각 독립변수가 종속변수에 미치는 영향을 분석하였다.

**Table 1. Central composite design by RSM computer program for the optimization of extraction conditions for bioactive components from grape seed**

Experiment number <sup>1)</sup>	Microwave power (W)	EtOH conc. (%)	Extraction time (min)
1	40(-1)	25(-1)	2(-1)
2	40(-1)	25(-1)	4( 1)
3	40(-1)	75( 1)	2(-1)
4	40(-1)	75( 1)	4( 1)
5	120( 1)	25(-1)	2(-1)
6	120( 1)	25(-1)	4( 1)
7	120( 1)	75( 1)	2(-1)
8	120( 1)	75( 1)	4( 1)
9	80( 0)	50( 0)	3( 0)
10	80( 0)	50( 0)	3( 0)
11	0(-2)	50( 0)	3( 0)
12	160( 2)	50( 0)	3( 0)
13	80( 0)	0(-2)	3( 0)
14	80( 0)	100( 2)	3( 0)
15	80( 0)	50( 0)	1(-2)
16	80( 0)	50( 0)	5( 2)

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

#### 총페놀 함량 측정

각 추출물의 총페놀 함량은 Folin-Ciocalteu 시약을 사용하여 측정하였다(20). 즉, 추출액 희석액 2 mL에 Folin-Ciocalteu reagent (Sigma-Aldrich Chemie GmbH, Switzerland) 2 mL를 혼합하고 3분 후 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 2 mL를 가하여 진탕하고 1시간 실온 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로는 gallic acid를 5-50 µg/mL의 농도로 조제하여 검량곡선을 작성하였다.

#### 항산화능 측정

각 추출물의 항산화능은 Rancimat 679 (Metrohm AG, CH-9100 Herisau, Swiss)를 사용하여 측정하였으며(21), AI (antioxidant index)로 항산화능을 비교하였다. 이때 측정조건은 온도 110°C, 공기공급량 20 L/hr, 유지[항산화제 무첨가 대두유, (주)오뚜기] 사용량 2.5 g에서 3회 반복 측정하여 평균치로 표시하였다.

$$AI = \frac{\text{각 추출물 첨가 실험구 유도기간}}{\text{무첨가구 유도기간}}$$

**아질산염소거능 측정**

추출물의 아질산염소거능은 Kato 등(22)의 방법으로 520 nm에서 정량하였다. 즉, 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액 1 mL에 시료를 첨가하고 여기에 0.1 N HCl (pH 1.2)과 0.2 M 구연산 완충액(pH 3.0, 4.2 및 6.0)으로 반응액의 pH를 각각 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0으로 조정하여 각 반응액을 10 mL로 맞추었다. 반응액은 37°C에서 1시간 반응시킨 후 1 mL를 취해 2% 초산 용액 5 mL를 첨가하고 즉시 조제한 Griess 시약 (30% acetic acid로 각각 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine (Tokyo Chem Co., Ltd., Japan)을 1:1비로 혼합한 것) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시키고 실온에서 15분 방치 후 UV-visible spectrophotometer (Shimadzu Co., UV-1601, Kyoto, Japan) 520 nm에서 흡광도를 측정하고 아래 식에 의해 아질산염소거능을 계산하였다.

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

N : 아질산염소거능

A : 1 mM NaNO<sub>2</sub> 용액에 시료를 첨가하여 1시간 방치 후 흡광도

B : NaNO<sub>2</sub> 용액의 흡광도

C : 시료자체의 흡광도

**결과 및 고찰**

**추출조건에 따른 반응변수들의 회귀식**

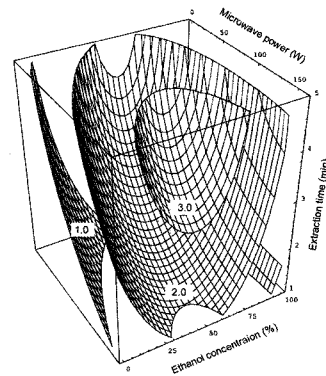
포도씨 기능성분들의 마이크로파 추출 최적조건을 예측하고자 중심합성계획에 의해 설정된 16구의 추출조건(독립 변수, X<sub>i</sub>)에 따른 종속변수(Y<sub>n</sub>)들의 측정값은 Table 2와 같다. 즉, total phenolics (Y<sub>1</sub>), antioxidant ability (Y<sub>2</sub>), nitrite-scavenging ability (pH 1.2) (Y<sub>3</sub>), nitrite-scavenging ability (pH 3.1) (Y<sub>4</sub>), nitrite-scavenging ability (pH 4.2) (Y<sub>5</sub>)

및 nitrite-scavenging ability (pH 6.0) (Y<sub>6</sub>)에 대한 추출효율의 평균값을 Table 2에 나타내었으며, 측정결과를 회귀분석했을 때 얻어진 종속변수들의 회귀식은 아래와 같다.

이상의 회귀식을 바탕으로 각 종속변수들에 대한 최적추출조건을 예측하여 Table 3에 나타내었다. 또한 모델 회귀분석에서 얻어진 F-ratio (Table 4)에 의해 각 반응변수들의 추출조건(독립변수)에 대한 유의성을 분석하였다. 그리고 4차원 반응표면분석을 통해 추출물의 기능적 특성에 대한 마이크로웨이브 추출조건에 영향을 통계를적으로 모니터링 하였다(18,23).

**총페놀 함량**

추출조건에 따른 포도씨 추출물의 총페놀 함량은 1.30~3.10% 범위였으며, Fig. 1은 microwave power 90 W 이상, 추출시간 3.1분 이상, 에탄올 농도 20~65%의 범위에서 가장 높은 성분함량을 나타내는 것으로 나타났다. 총페놀 함량에 대한 회귀식의 R<sup>2</sup>는 0.9498이었고 1% 수준에서 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 최대점이었으며 최대값은 3.19 %로 예측되었다. 이때 최적의 추출조건은 microwave power 142.32W, 에탄올 농도 44.30%, 추출시간 4.23분이었다. 이 같은 결과는 쥐깨풀(24), 당귀(25), 삼백리향(26) 등 기능성 허브식물로부터 유용성분을 추출하기 위한 마이크로웨이브 추출연구에서 5분 이내의 짧은 시간에 페놀성 화합물의 추출이 가능하였다.



**Fig. 1. Four-dimensional response surface for total phenolics of grape seed extracts at constant values (1.0, 2.0, and 3.0%) as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time in microwave-assisted extraction.**

$$\begin{aligned}
 Y_{(\text{total phenolics})} &= -1.235625 + 0.013953X_1 + 0.057525X_2 + 0.643125X_3 - 0.000081250X_1X_2 + 0.000281X_1X_3 - 0.001350X_2X_3 - \\
 &\quad 0.000019531X_1^2 - 0.000470X_2^2 - 0.051250X_3^2 \\
 Y_{(\text{Antioxidant ability})} &= 0.352500 + 0.006250X_1 + 0.007000X_2 + 0.255000X_3 - 0.000002500X_1X_2 - 0.000188X_1X_3 - 0.000400X_2X_3 - 0.000032813X_1^2 \\
 &\quad - 0.000050000X_2^2 - 0.033750X_3^2 \\
 Y_{(\text{nitrite-scavenging ability, pH 1.2})} &= 79.320625 + 0.055016X_1 + 0.528125X_2 + 2.684375X_3 - 0.000464X_1X_2 - 0.006906X_1X_3 - 0.010950X_2X_3 - 0.000040625X_1^2 \\
 &\quad - 0.004702X_2^2 - 0.200000X_3^2 \\
 Y_{(\text{nitrite-scavenging ability, pH 3.0})} &= 17.040000 + 0.379109X_1 + 1.280725X_2 + 14.433125X_3 - 0.002041X_1X_2 - 0.024156X_1X_3 - 0.037350X_2X_3 - 0.000823X_1^2 - \\
 &\quad 0.008370X_2^2 - 1.310000X_3^2 \\
 Y_{(\text{nitrite-scavenging ability, pH 4.2})} &= -65.898750 + 0.796859X_1 + 2.277325X_2 + 0.794375X_3 - 0.016146X_1X_2 + 0.003406X_1X_3 - 0.006550X_2X_3 - 0.000259X_1^2 \\
 &\quad - 0.004896X_2^2 + 0.556250X_3^2 \\
 Y_{(\text{nitrite-scavenging ability, pH 6.0})} &= 11.089375 + 0.146547X_1 - 0.131425X_2 - 11.961875X_3 - 0.002701X_1X_2 - 0.018031X_1X_3 + 0.003050X_2X_3 + 0.000524X_1^2 + \\
 &\quad 0.005516X_2^2 + 2.422500X_3^2
 \end{aligned}$$

**Table 2. Experimental data on total phenolics, antioxidant ability and nitrite-scavenging ability of grape seed extracts by microwave-assisted extraction under different conditions based on central composite design for response surface analysis**

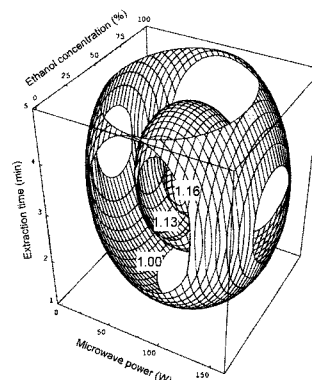
Experiment number <sup>1)</sup>	Total phenolics (% d.b. <sup>2)</sup> )	Antioxidant ability (AI)	Nitrite-scavenging ability (%)			
			pH 1.2	pH 3.0	pH 4.2	pH 6.0
1	1.51±0.10	1.03±0.00	95.12±0.00	78.53±0.98	8.70±0.15	2.35±0.16
2	1.88±0.23	1.11±0.01	98.10±0.13	86.94±0.00	10.02±0.29	3.39±0.35
3	1.52±0.09	1.05±0.02	97.29±0.13	84.19±0.55	62.64±0.29	12.74±0.33
4	2.05±0.05	1.06±0.02	97.91±0.16	92.09±0.33	70.41±0.44	15.85±0.16
5	2.04±0.20	1.11±0.03	97.74±0.30	89.62±0.58	25.88±0.44	13.82±0.74
6	2.75±0.06	1.13±0.01	98.35±0.30	97.39±0.27	34.85±1.17	13.74±0.16
7	2.02±0.12	1.09±0.00	96.79±0.30	90.34±0.23	22.34±0.34	15.17±0.35
8	2.30±0.33	1.10±0.04	97.57±0.15	91.15±0.46	23.55±0.68	13.63±0.82
9	2.47±0.05	1.22±0.03	97.94±0.18	98.20±0.16	45.11±0.19	3.76±0.19
10	2.62±0.10	1.23±0.04	97.78±0.18	97.16±0.00	46.30±0.92	5.50±0.76
11	1.74±0.02	1.01±0.03	97.37±0.00	87.43±0.33	39.42±3.55	6.89±0.41
12	3.10±0.07	1.02±0.00	97.83±0.00	97.40±0.33	48.68±0.56	9.08±1.12
13	1.30±0.12	1.02±0.06	87.37±0.76	61.24±0.95	10.70±0.16	3.12±0.00
14	1.44±0.06	1.18±0.06	84.84±0.70	92.27±0.16	56.23±0.31	33.72±0.65
15	1.65±0.09	1.05±0.06	96.77±0.25	87.57±0.59	36.44±0.31	9.82±1.14
16	3.03±0.05	1.13±0.02	97.35±0.14	97.31±0.22	59.42±0.47	18.82±0.82

<sup>1)</sup>The number of experimental condition by central composite design.  
<sup>2)</sup>d.b. : dry base

는 보고와 유사한 경향이였다. 또한 마이크로웨이브를 이용하였을 시 추출용매인 에탄올의 농도가 50% 이하에서도 페놀성분의 추출이 용이한 것으로 확인되었다. 전반적으로 포도씨로부터 총페놀을 추출할 경우 추출조건으로는 microwave power의 영향이 가장 크고 에탄올 농도 및 추출 시간은 유사한 영향을 미치는 것으로 나타났다(Table 4).

**항산화능**

마이크로파 추출조건 별 추출물의 항산화능의 비교에서 포도씨 추출물 첨가군은 무첨가군보다 유도기간이 연장되어 항산화능이 1.01~1.23 범위로 나타났다. 포도씨의 마이크로웨이브 추출물의 항산화능에 대한 회귀식의 R<sup>2</sup>는 0.8024로 나타났으며, 예측된 정상점은 최대점이고 최대값은 1.22로 예측되었다. 이때의 마이크로웨이브 추출조건은 microwave power 84.44W, 에탄올 농도 56.60% 및 추출시간 3.28분이였다. 한편, 추출조건별 항산화능 변화의 반응표면은 Fig. 2와 같이 나타났으며, 항산화능이 가장 높은 범위는 microwave power 50~120W, 에탄올 농도 25~80%, 추출시간 2.0~4.5분으로 확인되었다. 추출물의 항산화능에 대한 독립변수의 영향은 Table 4에서와 같이 microwave power의 영향이 가장 큰 것으로 나타났으며, 이는 총페놀에 대한 영향과 유사하였다(26).



**Fig. 2. Four-dimensional response surface for antioxidant ability of grape seed extracts at constant values (1.00-1.13-1.16 AI) as functions of microwave power, ethanol concentration and extraction time in microwave-assisted extraction.**

**아질산염소거능**

마이크로파 추출물의 아질산염소거능은 Table 2와 같이 pH에 따른 영향이 큰 것으로 나타났다. 즉, 강산성 영역인 pH 1.2에서는 전 구간에 걸쳐 84~98% 이상의 높은 아질산염소거능을 나타내었고, pH 3.0에서는 61~98%의 비교적 높은 아질산염소거능을 나타내었으며, pH 6.0에서는 35% 이하의 낮은 아질산염소거능을 나타내었다.

그리고 pH 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0에서 추출물의 아질산염

소거능에 대한 회귀식의  $R^2$ 는 각각 0.8609, 0.8335, 0.8647 및 0.8687이었으며, pH 1.2, 4.2 및 6.0에서는 5% 이내에서, pH 3.0에서는 10% 이내에서 유의성이 인정되었다. 최적 예측조건은 Table 3에 나타내었고, 이때 예측된 정상점이 안장점(saddle point)으로 나타나 능선분석(ridge analysis)을 실시하였다(16). 이로써 pH 1.2, 3.0, 4.2 및 6.0에서의 추출 조건 별 아질산염소거능의 최대값은 각각 99.53%, 99.60%, 85.46% 및 30.19%로 나타났다. 또한 pH 1.2~3.0에서 99.5% 이상의 높은 아질산염소거능을 보인 최적추출조건은 microwave power 30.80~106.58W, 에탄올 농도 49.32~55.18% 및 추출시간 3.72~4.58분으로 나타났다.

포도씨 MAE 추출물의 아질산염소거능은 pH 1.2~6.0 영역에서 에탄올 농도에 영향을 많이 받았으나 pH 1.2, 3.0, 6.0에서는 microwave power 및 추출시간에는 거의 영향을 받지 않는 것으로 나타났다(Table 4). 이상과 같이 포도씨 MAE 추출물은 pH 1.2~3.0 영역에서 아질산염을 효과적으로 분해하여 니트로사민의 생성을 크게 억제하는데 기여할 것으로 생각된다. 뿐만 아니라 Kang 등(27)의 연구결과에 의하면 (+)-catechin이 pH 1.2-4.2에 이르는 범위에서 아질산염소거율이 높다고 하는 결과로 보아 포도씨 추출물의 아질산염소거능 역시 같은 pH 범위에서 높은 소거율을 나타내므로 추출물 중의 catechin류의 존재에 의한 것이라

사료된다. 또한 Cooney와 Ross(28)은 각종 phenol 화합물이 산성조건에서 니트로소 화합물의 생성을 억제한다는 보고와도 유사한 경향을 보였다.

천연물로부터 기능성 유용성분을 추출하기 위해서는 추출용매와 추출시간, 추출온도 등의 추출조건이 기능성분의 특성에 따라 다양하다(10,15). 전통적으로 이용되어온 천연물의 추출방법들은 추출시간이 길고 추출용매의 사용량도 많다(15). 하지만, 본 연구에서 확인된 항산화 및 아질산염 소거능의 천연물 추출물은 5분 이내의 마이크로웨이브 추출시간과 50% 이하의 에탄올 농도에서도 효과적인 추출이 가능함을 재확인시켜 주었다

## 요 약

포도씨에 함유된 항산화 및 아질산염소거성분에 대한 마이크로웨이브 최적 추출조건을 예측하고자, 추출조건(microwave power 0~120 W, 에탄올 농도 0~100%, 추출시간 1~5 min)을 독립변수로 하고 조건별 추출물의 총페놀 함량, 항산화능 및 아질산염소거능을 종속변수로 하여 회귀 분석함으로써 최적 추출조건을 예측하였다. 도출된 회귀식의  $R^2$ 는 0.8024~0.9498 범위로 나타났다.

Table 3. Predicted levels of extraction conditions for the maximum responses of variables by the ridge analysis

Responses	$R^2$	Significance	$X_1$ (Power/W)	$X_2$ (EtOH%)	$X_3$ (time/min)	Max.	Morphology
Total phenolics	0.9498	0.0030	142.32	44.30	4.23	3.19	maximum
Antioxidant ability	0.8024	0.1191	84.44	56.60	3.28	1.22	maximum
Nitrite-scavenging ability (pH 1.2)	0.8609	0.0492	30.80	49.32	4.58	99.53	saddle point
Nitrite-scavenging ability (pH 3.0)	0.8335	0.0780	106.58	55.18	3.72	99.60	maximum
Nitrite-scavenging ability (pH 4.2)	0.8647	0.0458	25.32	86.06	3.22	85.46	saddle point
Nitrite-scavenging ability (pH 6.0)	0.8687	0.0424	62.45	98.12	3.32	30.19	minimum

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

Extraction condition	F-Ratio		
	Microwave power (W)	Ethanol conc. (%)	Extraction time (min)
Total phenolics	9.50***	8.83**	8.59**
Antioxidant ability	4.97**	2.12	2.57
Nitrite-scavenging ability (pH 1.2)	0.13	6.49**	0.19
Nitrite-scavenging ability (pH 3.0)	1.42	5.28**	1.14
Nitrite-scavenging ability (pH 4.2)	4.16*	8.79**	0.53
Nitrite-scavenging ability (pH 6.0)	1.42	8.54**	1.51

\* $p < 0.1$ , \*\* $p < 0.05$ , \*\*\* $p < 0.01$ .

추출물 기능성분들의 최대 예측값과 최적 추출조건은 총페놀 함량의 경우 3.19%(microwave power 142.32W, 에탄올 농도 44.30%, 추출시간 4.23 min)와 항산화능의 경우 1.22(84.44W, 56.60%, 3.28 min)로 나타났다. 그리고 pH 1.2~3.0에서 99.5% 이상의 높은 아질산염 소거능을 보인 추출물의 최적 추출조건 범위는 microwave power 30.80~106.58W, 에탄올 농도 49.32~55.18%, 추출시간 3.72~4.58 min으로 예측되었다. 이상의 결과에서 총페놀 함량과 항산화능은 높은 상관성을 보이면서 microwave power에, 아질산염소거능은 에탄올 농도에 영향을 많이 받는 것으로 나타났다.

## 참고문헌

1. Kinsella JE (1974) Grape seed oil. *Food Technol*, 28, 58-60
2. Ricardo da Silva JM, Rigaud J, Cheynier V, Cheminat A, Moutounet M (2002) Procyanidin dimers and trimers from grape seeds. *Phytochem*, 30, 1259-1264
3. Gabetta B, Fuzzati N, Griffini A, Lolla E, Pace R, Ruffilli T, Peterlongo F (2000) Characterization of proanthocyanidins from grape seeds. *Fitoterapia*, 71, 162-175
4. Yilmaz Y, Toledo RT (2006) Oxygen radical absorbance capacities of grape/wine industry byproducts and effect of solvent type on extraction of grape seed polyphenols. *J Food Compos Anal*, 19, 41-48
5. Jang YS, Jeong JM (2010) Antioxidative effect and digestive enzyme inhibition of grape seed extract (GSE). *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 39, 783-788.
6. Ahn HS, Jeon TI, Lee JY, Hwang SG, Lim YH, Pack DK (2002) Antioxidative activity of persimmon and grape seed extract *in vitro* and *in vivo*. *Nutr Res*, 22, 1265-1273
7. Bagchi D, Bagchi M, Stohs SJ, Das DK, Ray SD, Kuszynski CA, Joshi SS, Pruess HG (2000) Free radicals and grape seed proanthocyanidin extract importance in human health and disease prevention. *Toxicology*, 148, 187-197
8. Jayaprakasha GK, Selvi T, Sakariah KK (2003) Antibacterial and antioxidant activities of grape (*Vitis vinifera*) seed extracts. *Food Res Int*, 36, 117-122
9. Chung HY, Pack DK (2003) Antimicrobial activity of grape seed extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr*, 32, 109-114
10. Paré JRJ, Sigouin M, Lapointe J (1991) Microwave-assisted natural products extraction. US Patent No5002784
11. Lee EJ, Kwon JH (2006) Characteristics of microwave-assisted extraction for grape seed components with different solvents. *Korean J Food Preserv*, 13, 216-222
12. Lee EJ, Choi SW, Kim HK, Kwon JH (2008) Characteristics of microwave-assisted extraction for catechins from grape seed. *Korean J Food Sci Technol*, 40, 510-515
13. Lee EJ, Kim JS, Kwon JH (2008) Optimization of microwave-assisted extraction conditions for total catechin and electron donating ability of grape seed extracts. *Korean J Food Preserv*, 15, 840-846
14. Buffler CR, Stanford MA (1995) Effect of dielectric and thermal properties on the microwave heating of foods. *Microwave World*, 12, 15-23
15. Kwon JH (1998) High speed extraction of phytochemicals from food and natural products using microwave-assisted process. *Food Sci Ind*, 31, 43-55
16. Myers RH (1971) *Response Surface Methodology*. Allyn and Bacon Inc, Boston, p 61-218
17. SAS (2001) *SAS User's Guide*, version 8.0, Statistical analysis systems institute, Cary, NC, USA
18. Lee GD, Lee JE, Kwon JH (2000) Application of response surface methodology in food chemistry. *Food and Industry*, 33, 33-45
19. Matha LA, James PB (1992) *The Mathematica Handbook compatible with Mathematica Version 2.0*. Academic Press Inc, Harcourt Brace & Co, Massachusetts
20. Swain T, Hills WE (1959) The phenolic constituents of *Prunus domestica* : The quantitative analysis of phenolic constituents. *J Sci Food Agric*, 10, 63-68
21. Lubli MW, Bruttel PA (1986) Determination of the oxidative stability of fats and oils: comparison between the active oxygen method(AOCS Cd 12-57) and the rancimat method. *JAOCS*, 63, 792-795
22. Kato H, Lee IE, Chuyen NV, Kim SB, Hayase F (1987) Inhibition of nitrosamine formation by nondialyzable melanoidins. *Agric Boil Chem*, 51, 1333-1338
23. Lee GD, Kwon JH (1998) The use of response surface methodology to optimize the Maillard reaction to produce melanoidins with high antioxidative and antimutagenic activities. *Int J Food Sci Tech*, 33, 375-383
24. Lee EJ, Kwon YJ, Noh JE, Lee JE, Lee SH, Kim JK, Choi YH, Kwon JH (2005) Optimization of microwave-assisted process for extraction of effective components from *Mosla dianthera* M. *Korean J Food Preserv*, 12, 617-623
25. Lee SY, Kang MJ, Kwon JH, Shin SR, Lee GD, Kim KS (2003) Monitoring of total phenolics, electron donating ability and nitrite scavenging ability in microwave-assisted extraction for *Angelica Nakai*. *Food Sci Biotechnol*, 12, 491-496
26. Kwon YJ, Noh JE, Lee JE, Lee SH, Choi YH, Kwon JH (2005) Prediction of optimal extraction conditions in microwave-assisted process for antioxidant-related components from *Thymus quinquecostatus*. *Korean J Food Preserv*, 12, 344-349
27. Kang YH, Pack YK, Lee GD (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J Food Sci Technol*, 28, 232-239
28. Cooney RV, Ross PD (1987) N-nitrosation and N-nitration of morpholine by nitrogen dioxide in aqueous solution : Effect of vanillin and related phenols. *J Agric Food Chem*, 35, 789-793