

## 산국(山菊) 에탄올 추출물의 이화학적 특성에 대한 추출조건의 최적화

박난영 · 이기동\* · 정용진\* · 권중호<sup>†</sup>

경북대학교 식품공학과

\*동국전문대학 전통발효식품과

### Optimization of Extraction Conditions for Physicochemical Properties of Ethanol Extracts from *Chrysanthemum boreale*

Nan-Young Park, Gee-Dong Lee\*, Yong-Jin Jeong\* and Joong-Ho Kwon<sup>†</sup>

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

\*Dept. of Traditional Fermented Food, Tongkuk College, Chilkok 718-850, Korea

#### Abstract

To renew interest in *Chrysanthemum boreale* as a traditional food material, response surface methodology was used for optimizing extraction conditions and monitoring physicochemical properties of ethanol extracts from *Chrysanthemum petal*. The phenolic compounds of ethanol extracts were minimized in 87ml/g(solvent per sample), 21%(ethanol concentration), and 15 hours(extraction time). The physicochemical properties of ethanol extracts were maximized in the conditions of 115ml/g, 98% and 16 hours on yellow color intensity, 143ml/g, 75% and 19 hours on carotenoid content, and 148ml/g, 53% and 18 hours on soluble solid content. Optimum ranges of extraction conditions for physicochemical properties of *Chrysanthemum boreale* were 130~150ml/g, 70~85% and 20~28 hours, respectively. Predicted values at the optimum extraction condition were in good agreement with experimental values.

**Key words:** *Chrysanthemum boreale*, ethanol extraction, optimization, response surface methodology(RSM)

#### 서 론

국화는 우리나라 중부 이남 지역의 산간지에 주로 분포하여 자생하며 예로부터 정원용 화초, 꽃꽂이 재료, 음식물 첨가제 등으로 널리 애용되어 왔다. 신라 중엽 성덕왕 때부터 국화 꽃잎은 하향주(1) 제조와 특히, 음력 9월 9일에는 국화주(菊花酒)를 담아 마셨다는 중국 유래의 중양절 고사가 있다. 또한 국화전을 빚어 먹었다는 민속에서도 알 수 있듯이 국화 꽃잎은 우리 전통식품의 친연향 및 친연색소 소재로써 다양하게 사용되어 왔다(2,3). 국화의 효용에 대하여 본초강목(本草康目)에는 오랫동안 국화를 복용하면 위장, 감기, 두통, 현기증 등에 유효하다고 기록되어 있으며(4), 치풍제 및 고혈압 환자에게 이용되기도 하였다(5). 이와 같이 전통 약용식물로서 뿐만 아니라 식품소재로 이용되어 온 국화속(菊花屬) 식물은 산야에 널리 야생되고 있는

산국(山菊, 甘菊)과 최근 널리 재배되고 있는 각종 재배국, 즉 소국(小菊)과 대국(大菊)으로 크게 나눌 수 있으며(6), 이들 원예종들은 대부분 관상용으로 이용되고 있다.

한방에서 산국의 꽃잎은 중추신경 진정작용, 혈압 강하작용, 결핵균 및 각종 바이러스에 대한 억제효과 등이 알려져 있으며(7,8), 주요 약리성분으로는 chrysanthemine, camphor 등이 밝혀져 있다(4). 또한, 화학적 성분에 대한 연구로는 apigenin, luteolin, acacetin 및 그의 flavonoid 배당체들(9,10)과 lactone류(11,12), 정유(13), sesquiterpene(14) 등이 보고되었다. 이와 같이 국화는 약리적인 측면과 화학적인 측면에서는 많은 연구가 수행되었지만 식품학적 측면의 연구는 거의 수행되지 않은 실정이다.

따라서 본 연구는 전통식품 소재로서 즐겨 이용되어 온 산국의 전통주 제조를 고려하여 국화꽃잎으로부터

<sup>\*</sup>To whom all correspondence should be addressed

우수한 에탄올 추출물을 얻고자 반응표면분석에 의해 에탄올 추출물의 이화학적 특성을 모니터링하고 추출 조건을 최적화하여 국화 꽃잎의 식품학적 가치를 재조명하였다.

## 재료 및 방법

### 재료

본 실험에 사용된 산국(山菊, *Chrysanthemum boreale* M.)은 경북 영천시 근교 야산에서 11월에 채취하였다. 채취시료는 음지에서 약 2주일간 건조시킨 후 꽃잎 부분을 분리하고 폴리에틸렌 필름(두께 0.06mm)으로 포장하여 약 -60°C 냉동고에 보관하면서 실험에 사용하였다.

### 실험계획

실험계획은 중심합성계획법(16)에 의하여 설계하였고, 반응표면 회귀분석을 위해서 SAS(statistical analysis system)(17) program을 사용하였다. 중심합성 계획에서 반응조건은 용매비( $X_1$ ), 에탄올 농도( $X_2$ ) 및 추출시간( $X_3$ )이었으며, 실험계획은 -1, 0, 1 등 3단계로 부호화하여 그 실험값을 Table 1에 나타내었다. 또 추출물의 품질특성에 관련된 반응변수( $Y_n$ )로써는 황색도( $Y_1$ ), 카로티노이드 함량( $Y_2$ ), 페놀성 화합물 함량( $Y_3$ ), 가용성 고형분 함량( $Y_4$ ) 등으로 하였다. 이 때 추출온도는 예비실험을 거쳐 60°C로 고정하였고, 추출물은 Whatman(No.1) 여과지로 여과한 다음 전체의 양을 일정하게 하여 분석용 시료로 사용하였다.

### 황색도

국화 꽃잎의 황색도는 국화 꽃잎의 주요 색소인  $\beta$ -carotene과 xanthophyll의 최대흡광치를 나타내는 450 nm(18)에서 흡광도로써 측정하였다.

### 카로티노이드 함량 측정

총 카로티노이드 함량은 Pyeun 등(19)의 방법에 준

Table 1. Levels of extraction conditions in experimental design

$X_i$	Extraction conditions	Levels		
		-1	0	1
$X_1$	Solvent per sample (ml/g)	50	100	150
$X_2$	Ethanol concentration (%)	20	60	100
$X_3$	Extraction time (hrs)	4	16	28

하여 분석하였다. 즉, 여러 추출조건에서 얻은 추출액 일정량으로부터 에탄올을 증발 제거하고 다시 methanol 50ml를 가하여 용해한 뒤 KOH 7.5g을 녹여 40분간 교반하면서 비누화시켰다. 이 액을 분액 짤때기에 옮겨서 50ml의 diethyl ether를 가하여 비누화한 카로티노이드를 ether층으로 옮겼다. 카로티노이드가 녹아있는 ether 층은 중류수 50ml로 5회 세척한 후 0.8g의 sodium sulfate anhydrous에 의해 수분을 제거하였다. 다시 진공 회전 증발기로 ether를 제거시킨 후 acetone에 의해 40ml로 정용하고, 파장 450nm에서 흡광도를 측정하여 총 카로티노이드 함량으로 환산하였다.

### 가용성 고형분 함량 측정

각 조건별 추출액의 가용성 고형분 함량은 시험용액 20ml를 항량을 구한 수기에 취하여 105°C에서 증발 건고시킨 후 그 무게를 측정하였으며, 추출액 조제에 사용된 건물 시료량에 대한 백분율로써 고형분 함량을 나타내었다.

### 페놀성 화합물의 함량 측정

국화 추출액의 뛰은맛 및 쓴맛에 관련되는 주요 성분으로서 페놀성 화합물의 함량을 Amerine과 Ough (20)의 방법에 준하여 비색 정량하였다. 즉, 추출액 5ml에 Folin-Ciocalteau 시약 5ml를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 5ml를 넣어 진탕한 다음 실온에서 1시간 방치하여 700nm에서 흡광도를 측정하였다.

## 결과 및 고찰

### 추출물의 이화학적 특성에 대한 추출조건의 영향

국화 꽃잎으로부터 최적 에탄올 추출물을 얻기 위한 실험계획과 각각의 조건에서 추출한 추출물의 특성은 Table 2와 같다. 이러한 결과를 이용하여 용매비, 에탄올 농도, 추출시간 등의 추출조건( $X_1 \sim X_3$ )과 황색도, 카로티노이드 함량, 페놀성 화합물 함량, 가용성 고형분 함량 등 추출물의 이화학적 특성( $Y_1 \sim Y_4$ )에 대한 각각의 반응표면회귀식은 Table 3과 같다. 추출물의 이화학적 특성들 중 카로티노이드의 함량을 제외하고는  $R^2$  가 0.92 이상으로 5% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다.

추출액의 황색도에 대한 4차원 반응표면은 Fig. 1과 같이 안장점의 형태를 나타내었다. 시료에 대한 용매비 (50~150ml/g), 에탄올 농도(20~100%) 및 추출시간(4~28 hrs)에서 추출액의 황색도의 변화는 용매비와 추

Table 2. Experimental data on physicochemical properties for ethanol extracts of *Chrysanthemum boreale*

Exp No.	Extraction conditions			Physicochemical properties <sup>1)</sup>			
	Solvent per sample (ml/g)	Ethanol concentration (%)	Exraction time(hrs)	Color (O.D.)	Carotenoids (mg%)	Phenolic compounds (O.D.)	Soluble solid(%)
1	50(-1)	20(-1)	16( 0)	0.12	0.45	0.18	0.26
2	50(-1)	60( 0)	4(-1)	0.18	0.35	0.22	0.26
3	50(-1)	60( 0)	28( 1)	0.27	0.76	0.25	0.31
4	50(-1)	100( 1)	16( 0)	0.40	0.94	0.33	0.22
5	100( 0)	20(-1)	4(-1)	0.11	0.54	0.19	0.27
6	100( 0)	20(-1)	28( 1)	0.15	0.64	0.19	0.24
7	100( 0)	100( 1)	4(-1)	0.75	0.79	0.40	0.17
8	100( 0)	100( 1)	28( 1)	0.65	0.97	0.41	0.21
9	150( 1)	20(-1)	16( 0)	0.15	0.86	0.24	0.30
10	150( 1)	60( 0)	4(-1)	0.25	0.90	0.42	0.27
11	150( 1)	60( 0)	28( 1)	0.46	2.52	0.46	0.33
12	150( 1)	100( 1)	16( 0)	0.79	2.60	0.55	0.25
13	100( 0)	60( 0)	16( 0)	0.30	0.79	0.27	0.28
14	100( 0)	60( 0)	16( 0)	0.30	0.78	0.26	0.28
15	100( 0)	60( 0)	16( 0)	0.30	0.80	0.26	0.29

<sup>1)</sup>Color: yellowing color intensity(450nm), carotenoids: O.D. in 450nm, phenolic compounds: O.D. in 700nm, and soluble solid content(mg%).

Table 3. Taylor second equations calculated by RSM program for *Chrysanthemum boreale*

Responses	Taylor second equations	R <sup>2</sup>	Significance
Color(O.D.)	$Y_1=0.113056+0.000600X_1-0.004021X_2-0.002569X_3-0.00001200X_1^2+0.0000450X_1X_2+0.000059375X_2^2+0.0000500X_1X_3-0.000072917X_2X_3+0.000139X_3^2$	0.9637	0.0043
Carotenoids (mg%)	$Y_2=2.115417-0.039297X_1-0.008448X_2-0.013854X_3+0.000164X_1^2+0.000156X_1X_2+0.000007813X_2^2+0.000504X_1X_3+0.000041667X_2X_3-0.000469X_3^2$	0.8821	0.0655
Phenolic compounds(O.D.)	$Y_3=0.311481-0.00308X_1-0.000115X_2-0.005081X_3+0.000020333X_1^2+0.0000200X_1X_2+0.000006771X_2^2+0.000004167X_1X_3+0.000005208X_2X_3+0.000162X_3^2$	0.9847	0.0005
Soluble solid(%)	$Y_4=0.271308-0.001508X_1+0.002448X_2+0.001516X_3+0.000008833X_1^2-0.000001250X_1X_2-0.000029948X_2^2+0.000004167X_1X_3+0.000036458X_2X_3-0.000089699X_3^2$	0.9269	0.0223

출시간에 대해서는 거의 영향을 받지 않았고, 에탄올 농도가 증가할수록 황색도가 증가하는 경향을 나타내었다. 카로티노이드 함량에 대한 반응표면은 Fig. 2에서 보는 바와 같이 안장점의 형태를 나타내었으며, 시료에 대한 용매비와 에탄올 농도가 증가함에 따라 카로티노이드의 추출수율이 증가되었다. 그리고 추출시간의 영향은 크지 않았으나 추출시간이 경과함에 따라 다소 증가하는 경향이었다. 이러한 경향은 황색도에 대한 반응표면과 유사한 경향으로써 에탄올에 의해 산국 꽃잎으로부터 카로티노이드가 많이 추출되는 것으로 여겨진다. 이는 전통주인 국화주 제조시 국화꽃잎의 천연색소를 이용하는데 응용될 수 있을 것으로 사료된다.

에탄올 추출물의 페놀성 화합물 함량에 대한 반응표면은 Fig. 3과 같이 최소점의 형태를 나타내었다. 페놀성 화합물 함량은 추출시간의 영향보다는 시료에 대한

용매비가 증가하고 에탄올의 농도가 증가할수록 페놀성 성분의 함량이 증가하는 반응표면을 나타내고 있다. 김 등(21,22)은 계피의 총페놀성 화합물과 항산화성 성분의 추출에서 70% 에탄올은 가장 우수한 추출수율을 보였다고 보고하여 본 실험의 결과와 유사한 경향임을 알 수 있었으며, 추출물의 수율과 성분특성을 함께 고려한다면 추출조건의 최적화가 필요하다고 생각되었다.

산국 꽃잎으로부터 얻은 에탄올 추출물의 가용성 고형분에 대한 반응표면은 Fig. 4와 같이 가용성 고형분 함량은 시료에 대한 용매비와 추출시간의 영향보다는 에탄올 농도에 의한 영향을 많이 받았으며, 에탄올 농도 60% 범위에서는 추출시간과 시료에 대한 용매비가 증가할수록 수율이 증가하는 경향을 나타내었다. 성(18)과 오 등(23)은 인삼이나 구기자, 당귀, 오미자, 오갈피 등과 같은 생약재의 추출에서 에탄올 농도가 증가

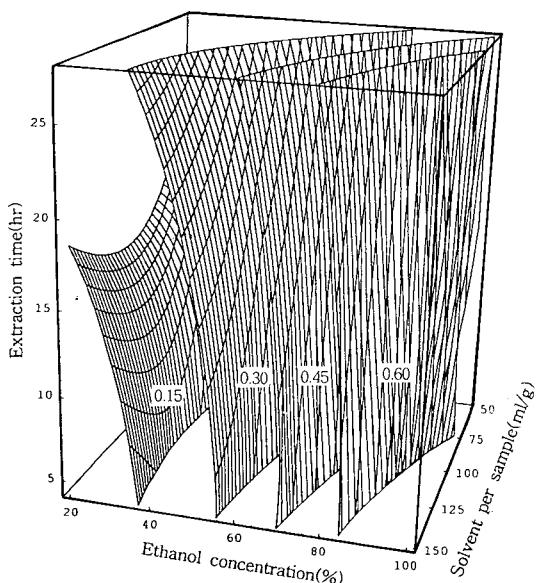


Fig. 1. Response surface for yellow color intensity of ethanol extracts at constant values(O.D.) in 450nm: 0.15–0.30–0.45–0.60 as a function of solvent per sample, ethanol concentration and extraction time.

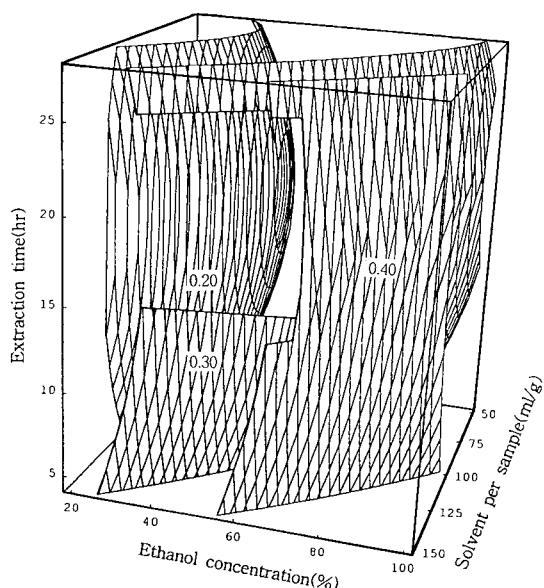


Fig. 3. Response surface for phenolic compound contents of ethanol extracts at constant values(O.D.) in 700nm: 0.20–0.30–0.40 as a function of solvent per sample, ethanol concentration and extraction time.

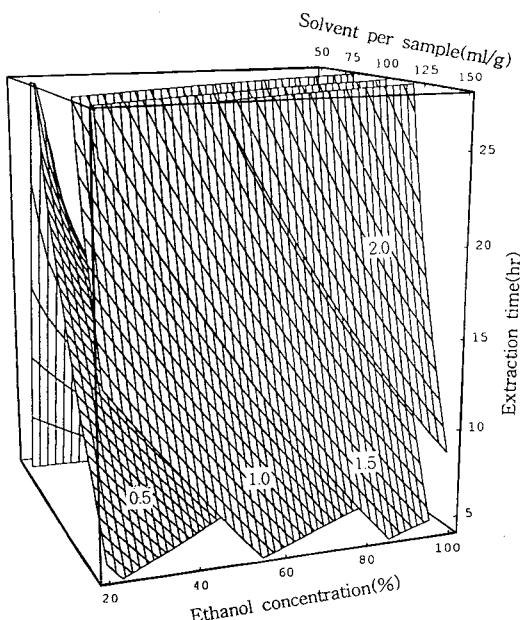


Fig. 2. Response surface for carotenoid contents of ethanol extracts at constant values(mg%): 0.5–1.0–1.5–2.0 as a function of solvent per sample, ethanol concentration and extraction time.

할수록 추출액의 고형분 수율은 낮아졌다고 하였다. 그러나 지용성 색소의 함량이 높은 산국 꽃잎의 에탄올 추출에 있어서는 에탄올 농도가 50~60%의 범위에서

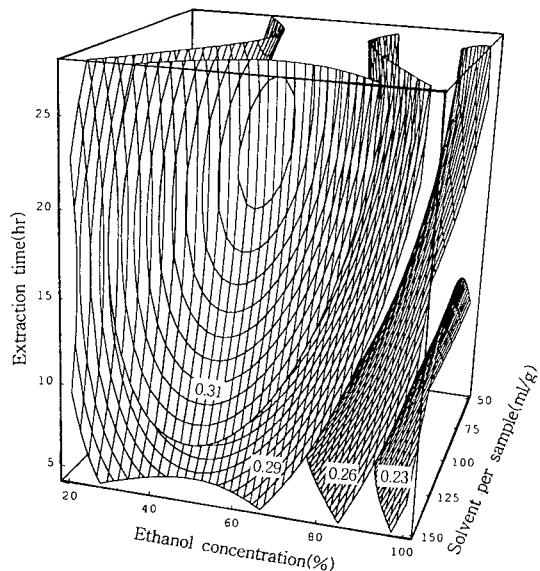


Fig. 4. Response surface for soluble solid contents of ethanol extracts at constant values(%: 0.23–0.26–0.29–0.31) as a function of solvent per sample, ethanol concentration and extraction time.

추출수율이 가장 높은 것으로 나타났다.

이화학적 특성에 대한 최적 추출조건 예측

산국 꽃잎에서 얻은 에탄올 추출물의 추출조건에 대

Table 4. Predicted levels for physicochemical properties of ethanol extracts from *Chrysanthemum boreale* yielding optimum responses by analysis of ridge

Extraction conditions	Levels for optimum responses			
	Color	Carotenoids	Phenolic compounds	Soluble solids
Solvent per sample(ml/g)	115	143	87	148
Ethanol concentration(%)	98	75	21	53
Extraction time(hrs)	16	19	15	18
Morphology <sup>1)</sup>	S.P (max)	S.P (max)	min (min)	S.P (max)

<sup>1)</sup>Morphology(optimum values)

Table 5. The optimum range of ethanol-extraction conditions for response variables<sup>1)</sup> yielding optimum responses by superimposing of contour maps for petals of *Chrysanthemum boreale*

Extraction conditions	Solvent per sample (ml/g)	Ethanol concentration (%)	Extraction time (hrs)
Optimum condition ranges	130~150	70~85	20~28
Given conditions	140	80	25

<sup>1)</sup>Carotenoid, phenolic compound and soluble solid

한 회귀분석 결과, 산국의 페놀성 화합물의 함량을 제외하고는 반응표면에서 정상점이 모두 안장점을 나타내고 있었다. 따라서 능선분석을 하여 최적점을 구해 본 결과, Table 4와 같이 에탄올 추출물의 황색도는 시료에 대한 용매비 115ml/g, 에탄올 농도 98%, 추출시간 16시간의 추출조건에서 가장 높은 황색도를 나타내었다. 페놀성 화합물의 함량을 나타내는 조건으로 용매비 87ml/g, 에탄올 농도 21%, 추출시간 15시간을 예측하였다. 이는 전통국화주에서의 쓴맛 또는 떫은맛 등이 페놀성 성분에 기인된 것을 고려하여 함량이 낮은 추출물을 얻고자 하였다. 한편 카로티노이드 함량은 143ml/g, 75% 및 19시간에서 그리고 가용성 고령분 함량은 148ml/g, 53% 및 18시간의 추출조건에서 각각 추출물의 특성이 최대값을 나타내었다. 강 등(24)은 반응표면분석에 의한 오미자의 에탄올 추출에서 추출온도가 높고 추출시간이 증가하며, 저농도의 에탄올 농도에서 수율이 가장 높았다고 하였으며, 520nm에서의 흡광도는 70~90°C의 추출온도에서 1시간 추출시 45%의 에탄올 농도에서 최고값을 나타내었다고 하여 본 실험의 결과와 다소 상이한 경향임을 알 수 있었다.

### 에탄올 추출조건 최적화

산국의 에탄올 추출조건을 최적화할 목적으로 각 반응표면을 겹쳐 그려서 추출물의 이화학적 특성을 모두 만족시켜 주는 추출조건 범위를 나타내 보았다(Fig. 5).

각 반응표면을 겹쳐서 그린 그림으로부터 예측된 최적 조건 범위는 Fig. 5의 빛금친 진한 부분으로써 그 값은 Table 5에 나타내었다. 산국의 에탄올 추출에서 최적 조건 범위는 시료에 대한 용매비 130~150ml/g, 에탄올 농도 70~85%, 추출시간 20~28시간으로 각각 나타났다. 이상의 예측 결과에 대한 모델식의 신뢰성을 확인하기 위하여 최적조건 범위내의 임의의 최적점 즉, 시료에 대한 용매비 140ml/g, 에탄올 농도 80% 및 추출시간 25시간으로 조건을 설정한 후 추출을 실시하고 그 추출물의 이화학적 특성을 측정하여 본 결과, Table 6과 같이 실제 값들은 예측된 값들과 유사한 수준으로 비교되었고 이를 특성은 국화주의 색상과 향, 떫은맛을 보완하는데 이용되리라 예상된다. 이와 같은 최적 추출조건은 강 등(24)에 의한 오미자 음료 제조를 위한 최적

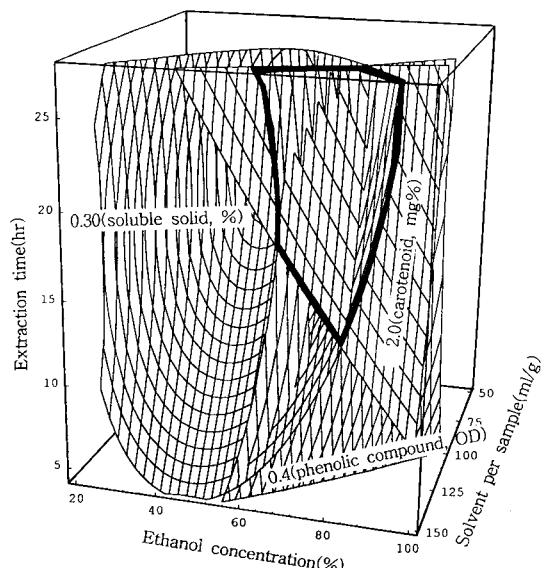


Fig. 5. Superimposed response surface for optimization of physicochemical properties(carotenoid, phenolic compound and soluble solid) of ethanol extracts as a function of solvent per sample, ethanol concentration and extraction time.

Table 6. Predicted and experimental values of response variables for ethanol extracts from *Chrysanthemum boreale* at a given condition<sup>1)</sup> within the range of optimum extraction conditions

Response variables	Predicted values	Experimental values
Color(O.D.)	0.52	0.58
Carotenoids(mg%)	0.78	0.72
Phenolic compounds(O.D.)	0.32	0.36
Soluble solids(%)	0.28	0.30

<sup>1)</sup>Given condition: 140ml/g in solvent per sample, 80% in ethanol concentration and 25 hrs in extraction time.

추출조건과 상이한 경향으로써 동일한 용매를 할지라도 천연물 시료의 특성에 따라 추출조건이 달라질 수 있음을 시사해 주고 있다.

## 요 약

전통식품소재로 이용되어온 국화꽃잎의 식품학적 가치를 재조명하기 위하여 반응표면분석에 의하여 야생국인 산국 꽃잎의 에탄올 추출조건을 최적화하고 추출조건에 따른 추출물의 이화학적 특성을 모니터링하였다. 산국 에탄올 추출물의 폐놀성 화합물의 함량은 시료에 대한 용매비 87ml/g, 에탄올 농도 21%, 추출시간 15시간에서 가장 낮은 함량을 나타내었고, 황색도는 115ml/g, 98%, 16시간에서, 카로티노이드 함량은 143 ml/g, 75%, 19시간에서, 가용성 고형분 함량은 148ml/g, 53%, 18시간에서 각각 최고의 이화학적 특성을 나타내는 것으로 예측되었다. 산국 에탄올 추출물의 이화학적 특성을 고려한 최적 추출조건 범위는 시료에 대한 용매비 130~150ml/g, 에탄올 농도 70~85%, 추출시간 20~28시간으로 각각 나타났으며, 최적화된 조건에서 추출물의 이화학적 특성에 대한 실제값은 예측값과 유사하게 나타났다.

## 문 헌

- 홍권삼: 중앙일보(1998. 2. 28)
- 고경식: 한국동·식물검색도감. 아카데미서적, 서울, p.149(1991)
- 유태종: 식품카르테. 민영사, 서울, p.151(1977)
- 송주택: 한국자원식물. 미도출판사, 서울, p.1048(1984)

- 송재인: 한방의약대사전(중국약학대전), 서울, p.88(1982)
- Masayoshi, H.: Fragrance materials of the cosmetics. *Chrysanthemum*, 177, 107(1993)
- 최영전: 한국민속식물. 아카데미서적, p.53(1992)
- DanBensky, R. and Andrew, G.: Chinese herbal medicine. Estland Press, Seattle, p.59(1986)
- Ryu, S. Y., Chio, S. U., Lee, C. O., Lee, S. H., Ahn, J. W. and Zee, O. P.: Antitumor activity of some phenolic components in plants. *Arch Pharm. Res.*, 17, 42(1994)
- Chatterjee, A., Saekar, S. and Saha, S. K.: Acacetin 7-O-galactopyranoside from *Chrysanthemum indicum*. *Phytochem.*, 20, 1760(1981)
- Chien, M. K., Chen, C. H. and Tseng, K. F.: The constituents of yejuhua, the flower of *Chrysanthemum indicum*. II. The structure of yejuhua lactone. *Yao Hsueh Pao*, 10, 129 : *Chem. Abstr.* 59, 15326b(1963)
- Chen, Z. and Peijuan, X.: Structural determination of yejuhua lactone, isolated from *Chrysanthemum indicum* L., *Yaoxue Xuebao*, 22, 67 : *Chem. Abstr.* 106, 135326p (1987)
- Uchio, Y., Tomosue, K., Nakayama, M., Yamamura, A. and Waki, T.: Constituents of the essential oils from three terpenoid species of *Chrysanthemum*. *Phytochem.*, 20, 2691(1981)
- Mladenova, K., Tsankova, E. and Hung, D.: New sesquiterpenoids from *Chrysanthemum indicum* var. *tuneful*. *Planta Med.*, 54, 553(1988)
- 이창복: 대한식물도감. 향문사, p.648(1989)
- 이기동: 복합기질계 Maillard 반응에 있어서 항산화성 및 항돌연변이원성에 대한 melanoidin의 최적화. 경북대학교 박사학위논문(1994)
- SAS : SAS/STAT : User's guide. Version 6, 4th ed., SAS Institute Inc., Cary, NC, Vol. 2, p.1457(1995)
- 성현순: 고려인삼정의 추출조건이 이화학적 특성에 미치는 영향에 관한 연구. 한양대학교 박사학위논문(1983)
- Pyeun, J. H., Park, Y. H. and Lee, K. H.: Factors involved in the quality retention of cultured *Undaria pinnatifida*. *Bull. Korean Fish Soc.*, 10, 125(1977)
- Amerine, M. A. and Ough, C. S.: Methods for analysis of musts and wine. John Wiley & Sons, New York, p.177(1980)
- 김나미, 성현순, 김우정: 용매와 추출조건이 계피추출액의 항산화성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 25, 204 (1993)
- 김나미, 양재원, 김우정: 에탄올의 농도가 계피추출액의 지표성분 및 품질특성에 미치는 영향. 한국식품과학회지, 25, 282(1993)
- 오상룡, 김성수, 민병룡, 정동효: 구기자, 당귀, 오미자, 오갈피 추출물의 유리당, 유리 아미노산, 유기산 및 탄닌의 조성. 한국식품과학회지, 22, 76(1990)
- 강규찬, 박재한, 백상봉, 진홍승, 이규순: 반응표면방법에 의한 오미자 음료 제조의 최적화. 한국식품과학회지, 24, 74(1992)