

초임계 유체추출법을 이용한 산초(*Zanthoxylum schinifolium*) 추출공정의 최적화

윤광섭* · 홍주헌** · 최용희

경북대학교 식품공학과, *대구가톨릭대학교 식품의식산업학부,
**대구신기술사업단 전통생물소재산업화센터

Optimization for Extraction of Sancho (*Zanthoxylum schinifolium*) Extraction using Supercritical Carbon Dioxide

Kwang-Sup Youn*, Joo-Heon Hong** and Yong-Hee Choi

Dept. of Food Science and Technology, Kyungpook National University

*Dept. of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu

**DG-Traditional Bio-Materials Industry Center

Abstract

This study was performed to develop flavor materials from *Zanthoxylum schinifolium* and to develop those materials into the new aroma product with analyzing functionality and aroma profile and establishment of supercritical fluid extraction and optimum condition. The qualities of extracts such as total yield, total phenolic compound, electron donation ability, citronellal, geranyl acetate and beta-caryophyllene which were affected by extraction pressure than temperature. The response variables had significant with pressure than temperature and the established model was suitable to predict calculated value in experimental ranges. The optimum extraction conditions which were limited of maximum value for dependent variables under experimental conditions based on central composite design were 230 bar and 60°C in supercritical fluid extraction method.

Key words: supercritical fluid extraction, optimization, *Zanthoxylum schinifolium*

서 론

최근 건강에 대한 관심이 증가함에 따라 노화억제 등 건강유지를 위한 기능성 물질에 대한 많은 연구들이 진행되고 있으며, 특히 자연식물 분야 등에서 항균성, 항산화성 또는 항돌연변이성 물질의 분리로서 식품저장을 위한 보존제, 기능성 식품 및 기호식품 등의 연구개발이 활발히 진행되고 있다(신국현, 1995).

산초(*Zanthoxylum schinifolium*)는 운향과에 속하는 낙엽관목으로 잎에서 특유의 향기가 나는 방향성

식물로 어린잎과 과실은 독특한 방향과 신미를 가지고 있어서 향신료 등에 이용되어 왔으며, 복통이나 설사, 감기, 이뇨 등의 약재로도 이용되고 있다(장상문 등, 1996). 산초는 추어탕 등에 향신료로 사용되어 산초의 방향성분에 대한 연구와 기능적 특성에 관한 많은 연구가 수행되었는데, 방향성분에 대해서 Ko와 Han(1996)은 산초의 정유성분을 구성하는 향기성분으로 과피에는 myrcene, β -phellandrene, cineol 및 citronellol 등이 함유되어 있으며, 종자에는 myrcene, citronelloid과 β -phellandrene 이 함유되어 있다고 보고하였다. 그 밖에도 산초나무와 초피나무 잎의 정유성분 구성(Cho *et al.*, 2002)이나 SPME를 이용한 산초와 초피의 정유성분 분석(Cho *et al.*, 2003), 산초의 휘발성 향미성분과 향신료로서의 관능적 평가(Lee and Chung, 2000)에

Corresponding author: Young-Hee Choi, Professor, Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Sankyuk-dong 1370, Buk-ku, Daegu 702-701, Korea
Phone: +82-53-950-5777, Fax: +82-53-950-6772
E-mail: yhechoi@knu.ac.kr

대한 보고가 있다.

기능적 특성에 관한 연구로 산초의 뿌리, 줄기 및 잎 추출물의 항산화작용과 항혈전 효과에 관한 연구(Jang *et al.*, 2005), *Vibrio parahaemolyticus*에 대한 산초추출물의 항균활성(Kim *et al.*, 2004), 산초와 초피 잎의 항균활성(Kim *et al.*, 2000a)과 화학성분에 관한 연구(Kim *et al.*, 2000b), 품질을 평가(Lee *et al.*, 2002)한 연구보고가 있다.

자생식물로부터 유용성 물질로 알려진 정유물질을 추출하기 위해서는 자원의 선발과 추출기술의 확보가 전제되어야 하는데, 천연 정유물의 추출방법으로는 원료와 정유성분의 존재 상태 및 성질 등에 따라 다르다. 식물로부터 정유성분의 추출은 수증기 증류법이나 용매를 이용한 추출법 등이 이용되고 있으나 열처리에 의한 향기성분 변화의 문제가 있어 초임계 유체추출법이 식물의 정유성분 추출에 이용되고 있다. 초임계 유체추출법은 추출용매의 안전성과 환경공해에 대한 우려가 없기 때문에 고부가 품목에 대한 연구 개발이 활발히 이루어지고 있다(Chester *et al.*, 1996). 초임계 유체추출법을 응용하여 식품에 적용한 예는 커피의 카페인 제거나 유지의 정제 및 추출, 콜레스테롤 제거, 천연 색소 및 향미성분의 추출, 맥주의 고미성분 제거 등에 다양하게 사용되고 있다(Palmer and Ting, 1995; Suh *et al.*, 2005).

따라서 본 연구에서는 산초로부터 방향성분을 추출하여 천연향료로 개발하기 위하여 향기성분과 항산화물질을 최대량 추출할 수 있는 초임계유체 추출공정의 최적 조건을 반응표면 분석법으로 얻고자 수행하였다.

재료 및 방법

재 료

산초(*Zanthoxylum schinifolium*)는 대구시내 전문시장에서 구입하여 오염물을 분리제거한 후 종자를 분쇄기(J-NCM, JISICO, Korea)로 분쇄한 후 표준제 No. 60을 통과한 것을 -20°C 이하의 암소에 보관하면서 추출용 시료로 사용하였다.

초임계 유체추출

초임계 유체추출 장치로 cooling head가 장착된 HPLC pump(pu-980, JASCO Co., Japan)와 보조용매를 공급하는 HPLC pump, air-driven oven(CO-965 column oven, JASCO Co., Japan)과 back-

pressure regulator(880-01, JASCO Co, Japan)로 구성된 초임계 유체추출 장치를 사용하였다. 이산화탄소의 유속은 2.0 mL/min으로 고정하고 압력과 온도를 달리하여 추출을 실시하였다.

추출수율

추출방법에 따른 추출물 수율은 추출물 일정량을 취하여 105°C에서 항량이 될 때까지 건조한 후 추출액조제에 사용된 원료량에 대한 백분율로서 수율을 나타내었다.

총 페놀함량 측정

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis 변형법에 따라 비색 정량하였다(Lee and Lee, 1994). 즉, 추출액을 일정하게 희석한 검액 2 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 2 mL를 가하여 혼합하고 3분 후 10% Na₂CO₃ 2 mL를 넣어 진탕하고 1시간 실온에서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로는 gallic acid를 5~50 µg/mL의 농도로 조제하여 검광곡선의 작성에 사용하였다.

전자공여작용 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating ability) 시험은 α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH)를 사용한 방법(Kang *et al.*, 1996)으로 측정하였다. 즉, DPPH 시약 12 mg을 absolute ethanol 100 mL에 용해한 후 증류수 100 mL를 가하고 50% ethanol 용액을 blank로 하여 517 nm에서 DPPH 용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정한 후 이 용액 5 mL를 취하여 시료용액 0.5 mL와 혼합한 후 상온에서 30초간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같이 계산하였다.

$$EDA (\%) = \left(1 - \frac{\text{시료첨가시의 흡광도}}{\text{공시험의 흡광도}} \right) \times 100$$

휘발성 향기성분의 분석

추출물의 휘발성 향기성분을 분석하기 위하여 Gas chromatography(Varian Star 3400, USA)에 의해 분리, 동정하였다. Column은 HP-5MS(30 m × 0.25 mm, film thickness : 0.25 µm, Hewlett-packard Co.)를 사용하였고, oven 온도는 50°C에서 5분간 유지 후 230°C까지 분당 3°C씩 승온시켜 230°C에서 30분간 유지시켰다. Helium gas를 carrier gas로 사용하였으며(1.0mL/min), split ratio는 30:1로 하였다.

또한 injector 온도는 250°C, interface 온도는 280°C, MS ionization voltage 70eV로 하였다. 분리된 각 peak는 mass spectral libraries NIST 98에 의해 동정하였다.

추출조건의 최적화

산초의 초임계 추출공정을 최적화하기 위하여 중심합성계획법(Lee *et al.*, 2000)으로 실험계획을 수립한 후 설정된 실험조건을 바탕으로 추출실험을 실시하였다. 즉, 추출공정의 독립변수(X)들은 각각 5단계(-2,-1,0,1,2)로 부호화하고, 회귀분석에 의한 최적조건의 예측은 SAS program을 이용하였다. 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안장점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 다시 구하였으며 추출특성의 모니터링과 최적조건범위 예측은 각 반응변수의 contour map을 이용하여 예측하였다.

결과 및 고찰

초임계 추출조건에 따른 품질특성

초임계 유체추출법으로 산초의 정유물질을 추출하였으며 추출물의 품질특성으로 yield, total phenolics, electron donating ability 등을 표준방법에 따라 분석하였으며, 주요 향기성분을 GC/MS에 의해 분석하였고, 분리된 각 peak는 mass spectral libraries NIST 98에 의해 확인하였다. 이때 공정의 독립변수로 추출압력과 온도를 선정하여 각각 80에서 240 bar와 35에서 75°C의 온도구간에서 추출실험을 수행하였으며 측정된 값은 Table 1에 나타나

었다.

산초의 향기성분으로는 총 54종의 향기성분이 동정되었으며, esters류(5종)가 31.7%, aldehydes류(5종)가 21.1%, alcohols류(15종)가 14.1%, hydrocarbons류(19종)가 8.0%, ethers류(4종)가 6.7%, phenols류(3종)가 2.6%, ketones류(3종)가 1.1%순으로 분석되었다. 이 중 함량이 많은 향기성분으로는 geranyl acetate(20.7%)와 citronellal(20.2%)이 전체의 40.9%를 차지하였고, citronellyl acetate(6.4%), eucalyptol(5.91%), terpinyl propionate(4.4%), β -phellandrene(4.6%)의 순으로 나타났다. 함량은 산초의 휘발성 향기성분을 분석한 Lee와 Chung(2000)의 보고와 다소 상이한데 이는 품종이나 분석조건에 따른 편차로 판단되지만 주요성분은 geranyl acetate와 citronellal, β -caryophyllene 등으로서 본 연구와 유사하여 함량이 비교적 높게 나타난 geranyl acetate와 citronellal, β -caryophyllene을 주요 향기성분으로 선택하였다. 압력과 온도변화의 추출조건에 따른 반응변수의 함량변화를 살펴보면 citronelle은 22%에서 25%사이, geranyl acetate은 2%에서 22%사이, β -caryophyllene은 0에서 6%사이로 citronelle을 제외하고는 조건에 따라 큰 차이를 보였으며 추출수율은 1.0에서 6.8%, 총 페놀 함량은 0.14에서 0.97%, 전자공여능은 24.6에서 86.5% 사이로 나타났다.

추출조건에 따른 품질특성의 변화를 Fig. 1에 나타내었는데, 수율의 변화는 온도에 따라서는 큰 변화를 보이지 않았으나 추출압력의 증가에 따라 증가하는 양상으로 이는 압력에 추출수율이 비례한다는 Kim과 Yoo의 보고(2000)와 유사하였다. 총 페놀 함량의 변화는 온도에 따라서는 큰 영향이 없었

Table 1. Total yield, total phenolics, electron donation ability of *Zanthoxylum schinifolium* extracted by SFE under conditions based on central composite design for response surface analysis

Exp. No.	Extraction condition		Variables					
	Pressure (bar)	Temp. (°C)	Total yield(%)	Total phenolics(%)	Electron donating ability (%)	Citronellal (%)	Geranyl acetate(%)	β -caryophyllene (%)
1	200(1)	65(1)	3.70	0.80	79.42	25.93	20.84	2.93
2	200(1)	45(-1)	5.41	0.68	86.58	25.89	9.86	3.89
3	120(-1)	65(1)	2.00	0.65	73.42	23.54	9.99	0.54
4	120(-1)	45(-1)	2.38	0.61	81.13	23.18	7.66	0.18
5	160(0)	55(0)	3.82	0.81	77.91	25.66	10.03	2.66
6	160(0)	55(0)	3.70	0.83	80.02	25.68	10.80	2.68
7	240(2)	55(0)	6.79	0.97	86.47	27.99	21.50	5.99
8	80(-2)	55(0)	1.05	0.14	24.56	21.50	2.22	0.01
9	160(0)	75(2)	1.22	0.98	74.95	25.54	12.23	2.54
10	160(0)	35(-2)	4.55	0.90	80.69	24.09	9.50	0.24

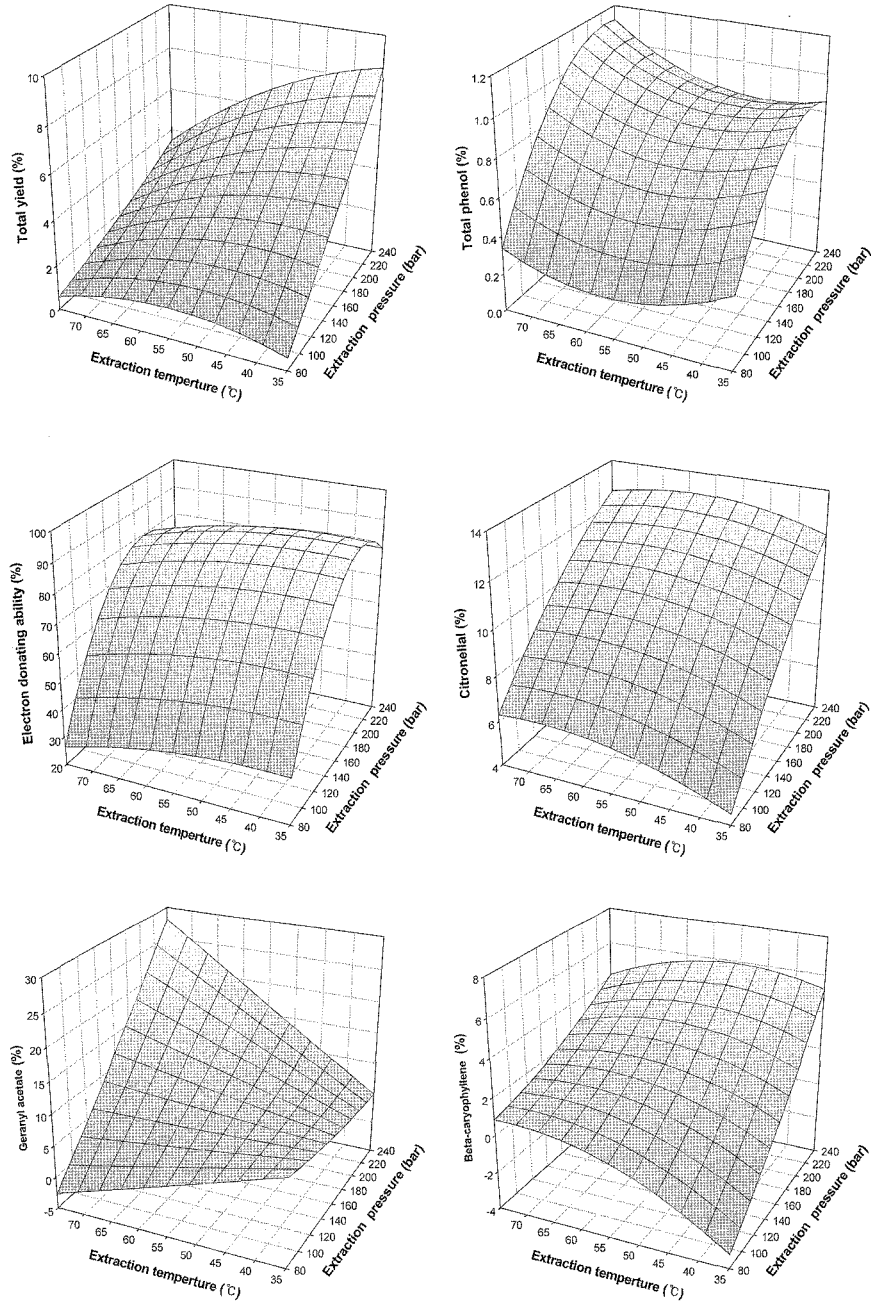


Fig. 1. Contour plots of response variables for extraction pressure and temperature of *Zanthoxylum schinifolium*.

나 추출압력이 증가함에 따라 빠르게 증가하다가 200 bar 이상에서는 큰 증가가 없었으며, 전자공여 능의 변화를 보면 추출온도에 따라서는 차이를 보이지 않았으나 압력이 증가함에 따라 비례적으로 증가하다가 220 bar 정도에서 최대값을 형성하여 최

적조건으로 판단되었다.

향기성분으로 선정된 citronellal 함량 변화를 살펴 보면 압력의 증가에 따라 비례적인 증가함을 보여 높은 압력에서 많은 함량을 보였으며, 온도에 따라서도 약간 증가하는 양상이었다. 그러나 geranyl

acetate과 beta-caryophyllene의 함량은 압력의 증가에 따라 증가하는 양상이었으나 온도의 증가에 따라서는 일정한 경향을 보이지 않고 또한, 일정 온도에서 압력의 영향도 일정하지 않은 것으로 나타났다. 이상의 결과로 볼 때 산초 추출물의 품질 특성은 추출온도보다는 압력이 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며 이는 식물체에서 유용성분을 추출하는데 있어서 최적 추출압력 범위가 존재한다는 Kim *et al.*(2003)의 보고와도 유사하였다. 이상의 결과를 바탕으로 각 요인변수에 따른 반응변수들에 대한 회귀식을 나타내어 최적조건을 얻고자 하였다.

초임계 추출공정의 최적화

추출조건에 따른 산초추출물의 품질 특성을 검토하고자 분석결과를 회귀분석하여 각각의 요인변수에 따른 반응변수인 total yield(Y_1), total phenolics(Y_2), electron donating ability(Y_3)과 주요 향기성분으로 citronellal(Y_4) geranyl acetate(Y_5)와 β -caryophyllene(Y_6)에 대한 예측 회귀식을 Table 2에 나타내었다. 총수율과 주요 향기성분에 대하여는 수립된 예측모델의 $Pro>F$ 이 0.05이하로 높은 유의성을 보여 실험구간 내에서 각 측정값의 예측이 가능함을 나타내어 수립된 회귀모형이 적합하였으나 총페놀 함량이나 전자공여능에 대하여는 다소 낮은 유의성을 나타내었다.

산초 추출물의 최적추출조건을 모니터링하기 위하여 반응변수에 대한 추출 최적점에서의 조건을 Table 3에 나타내었다. 이때 주어진 실험구간내에서 정상점으로 최대점을 찾기 위하여 능선분석을 통하여 최대점과 이 때의 추출조건을 예측하고자 하였다(Kim *et al.*, 2005). 수율과 총페놀화합물에 대해서는 정상점이 안장점으로 나타나고 전자공여능은 최대점으로 나타났으며 그 값은 89.5%로 다른 자생식물에 비하여 높은 값으로 이때의 추출조건으로는 194.8 bar의 압력과 42.2°C의 온도를 나타내었다. 능선분석을 통하여 얻어진 수율은 7.3%가 최대였으며, 이때의 조건은 231 bar와 45.9°C의 온도였으며, 총 페놀화합물의 함량은 195 bar와 72.9°C에서 1.05%로 최대값을 나타내었다.

산초에서 분리된 휘발성 향기성분 중 가장 대표적인 성분은 citronellal 성분으로 레몬의 향기를 가지고 있는데, 정상점이 최대점으로 함량이 27.6%였으며 이때의 추출조건은 239 bar와 56.6°C로 나타났으며, geranyl acetate과 β -caryophyllene에 대하여는 정상점이 안장점으로 나타나 능선 분석을 통하여 최대값과 이때의 추출조건을 예측하였다. Ggeranyl acetate의 함량을 최대로 하는 추출조건과 값은 226 bar와 66.2°C에서 24.8%의 함량을 가지는 것으로 예측되었으며, β -caryophyllene은 240 bar와 53.0°C의 추출조건에서 5.89%의 함량을 갖는 것으로 나타났다.

Table 2. The second order polynomials for total yield, total phenolics, electron donation ability and major flavor component of *Zanthoxylum schinifolium* extracted by SFE under different conditions of pressure and extraction temperature

Dependent variable(Y_n)	The second order polynomial	R	Pro>F
Total yield(% Y_1)	$Y_1 = -10.3548 + 0.0685X_1 + 0.2843X_2 - 0.0000X_1^2 - 0.0008X_1X_2 - 0.0020X_2^2$	0.9825	0.0013
Total phenolics(% Y_2)	$Y_2 = 0.6040 + 0.0130X_1 - 0.0461X_2 - 0.0000X_1^2 + 0.0001X_1X_2 + 0.0004X_2^2$	0.8419	0.0926
Electron donating ability(% Y_3)	$Y_3 = -73.4847 + 1.5400X_1 + 0.6155X_2 - 0.0040X_1^2 + 0.0003X_1X_2 - 0.0081X_2^2$	0.8081	0.1314
Citronellal(% Y_4)	$Y_4 = 7.8169 + 0.0865X_1 + 0.2483X_2 - 0.0001X_1^2 - 0.0002X_1X_2 - 0.0017X_2^2$	0.9569	0.0078
Geranyl acetate (% Y_5)	$Y_5 = 38.0717 - 0.2449X_1 - 0.7381X_2 + 0.0002X_1^2 + 0.0054X_1X_2 + 0.0003X_2^2$	0.9044	0.0362
β -caryophyllene (% Y_6)	$Y_6 = -19.3075 + 0.0587X_1 + 0.4743X_2 + 0.0001X_1^2 - 0.0008X_1X_2 - 0.0028X_2^2$	0.9381	0.0157

¹⁾ X_1 : Pressure(bar) ; X_2 : Temperature(°C)

Table 3. Predicted levels of extraction conditions for the maximum responses of total yield, total phenolics, electron donation ability and major flavor component of *Zanthoxylum schinifolium* by the ridge analysis

Y_n	R ²	Prob>F	X_1 Pressure (bar)	X_2 Temp. (°C)	Max.	Morphology
Total yield (%)	0.9825	0.0013	231.18	45.87	7.2543	saddle point
Total phenolics (%)	0.8419	0.0926	195.45	72.93	1.0546	saddle point
Electron donating ability (%)	0.8081	0.1314	194.75	42.17	89.4513	max.
Citronellal (%)	0.9569	0.0078	239.74	56.61	27.5990	max.
Geranyl acetate (%)	0.9044	0.0362	226.15	66.25	24.7820	saddle point.
β -caryophyllene (%)	0.9381	0.0157	239.58	52.97	5.8870	saddle point

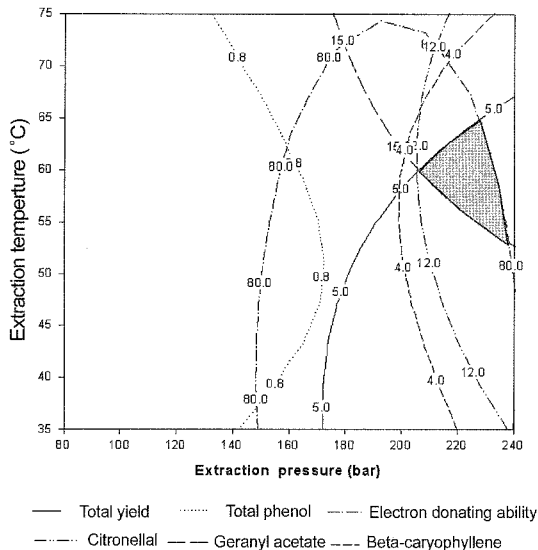


Fig. 2. Superimposed contour map of optimized conditions for total yield, total phenolics, electron donating ability, citronellal, geranyl acetate and beta-caryophyllene of *Zanthoxylum schinifolium* as functions of extraction pressure and temperature by supercritical fluid extraction.

초임계 추출공정의 최적조건 선정

산초의 유용성분을 안정적으로 추출할 수 있는 초임계추출공정의 최적조건을 선정하기 위하여 이상의 결과를 바탕으로 최적조건을 예측하고자 하였다. 산초추출물을 얻기 위한 추출공정으로는 초임계추출법을 적용하였으며 추출물의 total yield(Y_1), total phenolics(Y_2), electron donating ability(Y_3), citronellal(Y_4) geranyl acetate(Y_5)와 β -caryophyllene (Y_6)의 contour map을 superimposing하여 최적 추출 조건 범위를 예측하여 Fig. 2에 나타내었다. 주어진 실험구간내에서 추출물의 특성값을 최대로 할 수 있는 조건을 제한조건으로 하였는데, 추출수율은 5% 이상, 총페놀 함량이 0.8% 이상, 전자공여능은 80% 이상으로 하고, 추출물의 향기성분으로 citronellal의 함량은 12%, geranyl acetate는 15%, β -caryophyllene는 4% 이상을 함유하는 추출조건을 제한조건으로 설정하였을 때 추출 압력과 온도는 210-240 bar와 54-65°C의 범위로 나타나 압력은 높은 범위에서, 온도는 중심점보다 약간 높은 범위에서 최적 조건이 형성 되었다. 따라서 산초의 유용성 정유물질을 추출하기 위하여 초임계유체추출법으로 추출공정을 수행할 경우, 총 추출수율과 총 페놀성화합물 그리고 전자공여능의 기능성과 향기성분인 citronellal과 geranyl acetate와 β -caryophyllene의 함량을 증속변

Table 4. Optimum extraction conditions for maximum responses of total yield, total phenolics, electron donating ability and volatile compounds of *Zanthoxylum schinifolium* by superimposing their contour maps

Extraction conditions	Opt. ranges	Opt. condition
Pressure (bar)	210 ~ 240	230
Temperature (°C)	54 ~ 65	60

수로 하여 얻어진 최적 추출조건은 Table 4에서 보는 바와 같이 최종적으로 230 bar, 60°C의 추출조건이 최적으로 선정되었다.

요 약

산초로부터 방향성분을 추출하여 천연향료로 개발하기 위하여 초임계 유체추출공정의 최적 조건을 반응표면 분석법으로 얻고자 하였다. 초임계 추출 조건에 따른 산초 추출물의 품질특성으로 수율과 총페놀화합물, 전자공여능과 주요 향기성분으로 geranyl acetate와 citronellal, β -caryophyllene의 함량을 분석하였다. 추출온도보다는 압력이 더 큰 영향을 주는 것으로 나타났으며, 수율과 향기성분에 대하여는 수립된 예측모델식이 높은 유의성을 보였으나 총 페놀함량이나 전자공여능에 대하여는 다소 낮은 적합도를 나타내었다. 실험구간내에서 능선분석을 통하여 최대점과 이 때의 추출조건을 예측하였으며 품질특성 값을 최대로 하는 제한 조건으로 하여 얻어진 최적 추출조건은 230 bar, 60°C이었다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

- 신국현. 1995. 전통 천연 향료 개발에 관한 연구. 서울대학교 과학기술부 연구보고서
- 장상문, 최정, 김종완, 박병운, 박선동. 1996. 한약자원식물학. 학문출판 대한민국. pp. 404-406
- Chester, T.L., J.D. Pinthston, and D.E. Rynie. 1996. Supercritical fluid chromatography and extraction. *Anal. Chem.* **68**(12): 478-514
- Cho, M.G., C.S. Chang, and Y.A. Chae. 2002. Research Report : Variation of volatile composition in the leaf of *Zanthoxylum schinifolium* Siebold et Zucc. & *Zanthoxylum piperitum* DC. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* **10**(3): 162-

166

- Cho, M.G., H. Kim, and Y.A. Chae. 2003. Research Report : Analysis of volatile compounds in leaves and fruits of *Zanthoxylum schinifolium* Siebold et Zucc. & *Zanthoxylum piperitum* DC. by headspace SPME. *Korean J. medicinal Crop Sci.* **11(1)**: 40-45
- Jang, M.J., M.H. Woo, Y.H. Kim, D.Y. Jun, and S.J. Rhee. 2005. Effects of antioxidative, DPPH radical scavenging activity and antithrombogenic by the extract of Sancho (*Zanthoxylum Schinifolium*). *Korean J. Nutr.* **38(5)**: 386-394
- Kang, Y.H., Y.K. Park, and G.D. Lee. 1996. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. *Korean J. Food Sci. Technol.* **28(2)**: 232-239
- Kim, H.S., B.Y. Kim, S.Y. Lee, W.S. Kim, E.K. Lee, J.H. Ryu, and G.B. Lim. 2003. Extraction of glycyrrhizic acid from licorice using supercritical carbon dioxide/aqueous ethanol. *Korean J. Biotechnol. Bioeng.* **18(5)**: 347-351
- Kim, J., Y.S. Cho, K.I. Seo, O.S. Joo, and K.H. Shim. 2000a. Antimicrobial Activities of *Zanthoxylum schinifolium* and *Zanthoxylum piperitum* leaves. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* **7(2)**: 195-200
- Kim, J., C.H. Jeong, Y.I. Bae, and K.H. Shim. 2000b. Chemical components of *Zanthoxylum schinifolium* and *Zanthoxylum piperitum* leaves. *Korean J. Postharvest Sci. Technol.* **7(2)**: 189-194
- Kim, J.S., G.M. Gu, Y.H. Jeong, J.G. Yang, and G.G. Lee. 2004. Originals : Antimicrobial activities of *Zanthoxylum schinifolium* extract against *Vibrio parahaemolyticus*. *J. Korean Soc Food Sci Nutr.* **33(3)**: 500-504
- Kim, J.Y., and L.P. Yoo. 2000. Effects of basic modifier on SFE efficiencies of ephedrine derivatives from plant matrix. *Korean J. Chem. Eng.* **17(6)**: 672-677
- Kim, S.J., Y.J. Kim, and K.S. Chang. 2005. Optimization of sesame oil extraction from sesame cake using supercritical fluid CO₂. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37(3)**: 431-437
- Ko, Y.S., and H.J. Han. 1996. Originals : Chemical Constituents of Korean Chopi (*Zanthoxylum piperitum*) and Sancho (*Zanthoxylum schinifolium*). *Korean J. Food Sci. Technol.* **28(1)**: 19-27
- Lee, G.D., J.E. Lee, and J.H. Kwon. 2000. Application of response surface methodology in food industry. *Food Ind.* **33(1)**: 33-45
- Lee, H.Y., R.B. An, M.K. Na, J.Y. Park, K.S. Lee, Y.H. Kim, and K.H. Bae. 2002. Quality evaluation of *Zanthoxylum Fructus*. *Korean J. Pharmacogn.* **33(1)**: 45-48
- Lee, J.H., and S.R. Lee. 1994. Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. *Korean J. Food Sci. Technol.* **26(3)**: 310-316
- Lee, M.S., and M.S. Chung, 2000. Analysis of volatile flavor components from *Zanthoxylum schinifolium* and sensory evaluation as natural spice. *Korean J. Soc. Food Sci.* **16(3)**: 216-220
- Palmer, M.V., and S.S.T. Ting. 1995. Applications for supercritical fluid technology in food processing. *Food Chem.* **52(4)**: 345-352
- Suh, S.C., S.G. Cho, J.H. Hong, and Y.H. Choi. 2005. Extraction characteristics of flavonoids from *Lonicera flos* by supercritical fluid carbon dioxide with co-solvent. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37(2)**: 183-188