

초임계 이산화탄소를 이용한 향유 추출공정의 최적화

윤광섭¹ · 홍주현² · 권중호 · 최용희[†]

경북대학교 식품공학과, ¹대구가톨릭대학교 식품외식산업학부,
²대구신기술사업단 전통생물소재산업화센터

Optimization for *Elsholtzia ciliata* Hylander Extraction using Supercritical Carbon Dioxide

Kwang-Sup Youn¹, Joo-Heon Hong², Joong-Ho Kwon and Yong-Hee Choi[†]

Department of Food Science and Technology, Kyungpook National University, Daegu 702-701, Korea

¹Department of Food Science and Technology, Catholic University of Daegu, Gyungsan 712-702, Korea

²DG-Traditional Bio-Materials Industry Center, Daegu 704-230, Korea

Abstract

This study was performed to develop flavor materials from *Elsholtzia ciliata* Hylander with analyzing functionality and aroma profile and to optimize supercritical fluid extraction method and optimum condition. The qualities of water extracts such as total yield, total phenolic compound, electron donation ability, estragole and L-carvone, were affected by extraction pressure than time. The response variables had significant with pressure than with time and the established polynomial model was suitable ($P > 0.05$) model by Lack-of-Fit analysis. The optimum extraction conditions which were limited of maximum value for dependent variables under experimental conditions based on central composite design were 238 bar and 42 min.

Key words : supercritical fluid extraction, optimization, *Elsholtzia ciliata* Hylander

서 론

향유는 전국에서 자생하는 꿀풀과의 일년생 초본으로 강한 향기가 있으며, 한방에서는 꽃필때의 전초를 발한, 해열, 이뇨약으로 사용하고 있다(1). 향유에는 약 1%의 정유가 있는데, 주성분은 elsholtzia ketone이며 또한 naginata ketone, α -pinene, cineole, p-cymene, isovaleric acid, isobutyl-isovalerate, α - β -naginatene, octanol-3,1-octen-3-ol, linalool, camphor, geraniol, n-caproic acid, isocaproic acid 등이 함유되어 있다(2). 그 외 스테롤이나 페놀성 물질, flavonoid 배당체 등을 함유하고 있다(3).

자생식물로부터 유용성 물질로 알려진 정유물질을 추출하기 위해서는 자원의 선발과 추출기술의 확보가 전제되어야 하는데, 천연 정유물의 추출방법으로는 원료와 정유성

분의 존재 상태 및 성질 등에 따라 다르다. 최근 이러한 정유물은 전통적인 향신료의 사용뿐 아니라 다양한 질병 치료효과를 가지는 것으로 알려지고 있다(4,5). 일반적인 정유물질의 추출방법은 감귤과피와 같은 비교적 정유함량이 높은 원료의 경우에는 압착법으로 실시하거나 수증기 증류법, 동물성 유지에 꽃향기를 흡착시키는 흡착흡수법, 휘발성 용매를 이용한 추출법, 에탄올 침출법(percolation) 등이 알려져 있다. 그러나 이상의 방법들은 추출효율, 추출 시간, 추출물의 순도 등 기술적 측면에서 개선의 필요성이 지적되고 있으므로 새로운 추출·분석 방법의 개발이 요구되고 있다.

최근 천연물로부터 향기성분을 신속하고도 효과적으로 추출하는 기술로 초임계유체추출공정이 소개되어 일부 식품의 추출에 대하여 적용되고 있다. 초임계유체 공정은 고가의 장치비를 요하는 공정이나 이산화탄소와 같은 초임계유체를 이용한 추출방법은 추출용매의 안전성과 환경공해에 대한 우려가 없기 때문에 고부가 품목에 대한 연구 개발

[†]Corresponding author. E-mail : yhechoi@knu.ac.kr,
Phone : 82-53-950-5777, Fax : 82-53-950-6772

이 활발히 이루어지고 있다(6,7).

초임계유체 추출은 기존의 용매의 단점인 낮은 효율, 낮은 품질, 환경에의 악영향 또는 기술적 어려움을 해결할 수 있는 새로운 혁신기술로서 주목받고 있으며 커피의 카페인제거나 유지의 정제 및 추출, 콜레스테롤 제거, 천연색소 및 향미성분의 추출, 맥주의 고미성분 제거 등에 다양하게 사용되고 있고(8) 최근에도 포도씨유 추출과 금은화로부터 flavonoid류를 추출한 연구보고가 있다(9,10).

따라서 본 연구에서는 국내에서 자생하고 있는 향유로부터 향료물질을 개발하기 위한 기초 연구로 향기성분과 항산화물질들을 최대한 추출할 수 있는 추출방법으로 초임계유체 추출법을 이용하여 최적 추출조건을 반응표면 분석법으로 얻고자 하였다.

재료 및 방법

재 료

향유(*Elsholtzia ciliata* Hylander)는 경북 경산시 인근 야산에서 채취하여 오염물을 분리제거한 후 일부분을 모아 음건한 다음 분쇄기(J-NCM, Jisico, Korea)로 분쇄한 후 표준제 No. 60을 통과한 것을 -20℃ 이하의 암소에 보관하면서 추출용 시료로 사용하였다.

초임계유체 추출

초임계 유체 추출 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 초임계유체 추출장치를 사용하였다. 온도와 이산화탄소의 유속은 40℃와 2.0 mL/min으로 고정하고 압력과 시간을 달리하여 추출을 실시하였다.

추출수율

추출방법에 따른 추출물 수율은 추출물 일정량을 취하여 105℃에서 향량이 될 때까지 건조한 후 추출액조제에 사용된 원료량에 대한 백분율로서 수율을 나타내었다.

총 페놀함량 측정

총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis법(11)에 따라 비색정량하였다. 즉, 추출액을 일정하게 희석한 검액 2 mL에 Folin-Ciocalteu 시약 2 mL를 가하여 혼합하고 3 분 후 10% Na₂CO₃ 2 mL를 넣어 진탕하고 1시간 실온에서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 이때 표준물질로는 gallic acid를 5~50 µg/mL의 농도로 조제하여 검량곡선의 작성에 사용하였다.

전자공여작용 측정

추출물의 전자공여작용(electron donating ability)시험은

α, α-diphenyl-β-picrylhydrazyl(DPPH)를 사용한 방법(12)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 조정된 후 이 용액 5 mL를 취하여 시료용액 0.5 mL와 혼합한 후 상온에서 30초간 방치한 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 다음과 같이 계산하였다.

$$EDA(\%) = (1 - \frac{\text{시료첨가시의흡광도}}{\text{공시험의흡광도}}) \times 100$$

휘발성 향기성분의 분석

추출물의 휘발성 향기성분을 분석하기 위하여 Gas chromatography(Varian Star 3400, USA)에 의해 분리, 동정하였다. Column은 HP-5MS(30m × 0.25 mm, film thickness : 0.25 µm, Hewlett-packard Co.), USA를 사용하였고, oven 온도는 50℃에서 5분간 유지 후 230℃까지 분당 3℃씩 승온시켜 230℃에서 30분간 유지시켰다. Helium gas를 carrier gas로 사용하였으며(1.0 mL/min), split ratio는 30:1로 하였다. 또한 injector 온도는 250℃, interface 온도는 280℃, MS ionization voltage 70 eV로 하였다. 분리된 각 Peak는 Mass spectral libraries NIST 98에 의해 동정하였다.

추출조건 최적화

향유의 초임계추출 최적화를 위하여 중심합성계획법(13)으로 실험을 계획 수립한 후 설정된 실험조건을 바탕으로 추출실험을 실시하였다. 즉, 추출공정의 독립변수(X_i)로는 압력(bar)과 시간(분)을 선정하여 각각 5단계(-2, -1, 0, 1, 2)로 부호화하였다. 회귀분석에 의한 최적조건 예측은 SAS (statistical analysis system) program을 이용하였고, 회귀분석 결과 임계점이 최대점이거나 최소점이 아니고 안정점일 경우에는 능선분석을 하여 최적점을 구하였다. 추출특성의 모니터링과 최적조건범위 예측은 각 종속변수의 contour map을 이용하여 분석하였다.

결과 및 고찰

초임계추출조건에 따른 품질특성

초임계유체추출법으로 향유를 추출하기 위하여 독립변수로 압력과 시간의 범위를 150에서 250 bar와 20분에서 60분간 변화시키면서 추출물의 품질특성으로는 yield, total phenolics, electron donating ability 등을 표준방법에 따라 분석하여 평균값을 Table 1에 나타내었으며 수율은 1.6%에서 4.1%사이였으며 총페놀함량은 0.05%에서 1.07%, 전자공여능은 46%에서 64%로 나타났다. 또한, 주요향기 성분을 동정하기 위하여 3회 반복으로 추출실험을 실시하여

Table 1. Experimental data on total yield, total phenolics, electron donation ability and major flavor component of *Elsholtzia ciliata* Hylander extracted by SFE under conditions based on central composite design for response surface analysis

No.	Pressure (bar)	Time (min)	Variables				
			Total yield (%)	Total phenolics (%)	Electron donating ability (%)	Estragole (%)	L-carvone (%)
1	225	50	3.90	0.87	61.29	25.98	46.87
2	225	30	3.21	1.07	59.88	25.9	46.92
3	175	50	3.01	0.57	52.78	23.47	43.34
4	175	30	2.42	0.65	51.90	23.26	43.18
5	200	40	3.88	0.91	57.88	25.64	45.64
6	200	40	3.82	0.88	58.81	25.58	45.58
7	250	40	3.33	0.99	64.32	27.98	48.89
8	150	40	1.66	0.05	46.10	22.48	41.52
9	200	60	4.06	0.65	59.46	24.54	44.71
10	200	20	2.37	0.83	55.98	24.10	44.25

얻어진 향료 추출물을 GC/MS에 의해 분석하였고, 분리된 각 peak는 mass spectral libraries NIST98에 의해 확인하였다. 향유 잎의 향기성분을 분석한 결과 총 60종의 성분이 동정되었으며, 화합물 그룹별로 ketones류(11종)가 36.1%, hydrocarbons류(18종)가 16.2%, alcohols류(17종)가 11.9%, aldehydes류(5종)가 10.2%, phenols류(4종)가 5.8%, esters류(3종)가 4.1%, ethers류(2종)가 2.9%순으로 함량이 많았다. 함량이 많은 성분으로는 L-carvone(30.6%)이 가장 함량이 많았으며 그 다음으로 estragole(23.9%), citronellal(6.3%), alpha-caryophyllene(3.6%), beta-phellandrene(3.2%) 등이었다. 그러나 Lee 등(14)은 수증기 증류법으로 꽃향유의 휘발성 향기성분을 추출하여 30여종을 분리하였다고 보고하여

본 연구의 결과에 비하여 적은 종류의 휘발성분이 확인하였다. 최적화를 위한 반응변수로 estragole과 L-carvone을 선정하여 분리 동정하였으며 추출조건에 따라 그 조성은 각각 22% 에서 28%사이와 42%에서 48%정도로 나타났다.

추출조건의 변화에 따른 추출수율의 변화는 200 bar 이상과 45분 이상의 조건에서 24.5% 이상의 함량을 나타내어 압력과 시간이 증가함에 따라 증가하는 양상으로 나타났는데 이는 추출수율과 압력이 비례적으로 증가한다는 Kim과 Yoo의 보고(15)와 일치하였다. 총 페놀함량의 변화는 추출 압력이 증가할수록 높았지만 추출시간에 따라서는 200 bar 이하의 압력에서는 큰 변화가 없었으나 높은 압력에서는 오히려 낮은 추출시간에서 함량이 높은 것으로 나타났다. 전자공여능의 변화를 보면 추출시간에 따라서는 차이를 보이지 않았으나 압력이 증가함에 따라 비례적으로 증가함을 나타내어 높은 압력에서의 추출물이 전자공여능이 높은 것으로 나타났다. 향기성분으로 선정한 estragole 함량의 변화를 살펴보면 압력의 증가에 따라 비례적인 증가함을 보여 함량이 높은 것으로 나타났지만 추출시간에 따라서는 중심점 근처의 시간에서 높은 함량을 보여 적정 추출조건으로 판단되었다. 추출물의 L-carvone의 함량은 추출시간에 따라서는 큰 영향을 보이지 않으나 압력이 증가함에 따라서는 비례적으로 증가함을 보여 높은 압력에서의 추출한 추출물에 향기물질이 다량 함유함을 확인할 수 있었다. 따라서 추출압력의 증가에 따라서는 비례적으로 증가하는 양상을 보였으나, 추출시간의 증가에 따라 약간의 증가가 있는 후 이후로는 함량의 증가가 없거나 오히려 낮아지는 양상으로 이는 Boo와 Byun의 보고(16)과 Kim 등(17)의 보고와 유사하였다.

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

Dependent variable(Yn)	The second order polynomial ¹⁾	R ²	Pro> F
Total yield(% ,Y ₁)	$Y_1 = -23.1538 + 0.2190X_1 + 0.1243X_2 - 0.0005X_1^2 + 0.0001X_1X_2 - 0.0013X_2^2$	0.9722	0.0033
Total phenolics(% ,Y ₂)	$Y_2 = -8.3464 + 0.0747X_1 + 0.0512X_2 - 0.0002X_1^2 - 0.0001X_1X_2 - 0.0004X_2^2$	0.9844	0.0010
Electron donating ability(% ,Y ₃)	$Y_3 = -23.5978 + 0.6137X_1 + 0.0422X_2 - 0.0011X_1^2 + 0.0005X_1X_2 - 0.0008X_2^2$	0.9874	0.0007
Estragole(% ,Y ₄)	$Y_4 = 4.9504 + 0.0951X_1 + 0.2628X_2 - 0.00009X_1^2 - 0.0001X_1X_2 - 0.0028X_2^2$	0.9712	0.0035
L-carvone(% ,Y ₅)	$Y_5 = 18.6783 + 0.1397X_1 + 0.2689X_2 - 0.0001X_1^2 - 0.0002X_1X_2 - 0.0027X_2^2$	0.9982	0.0001

¹⁾ X₁, Pressure(bar) ; X₂, Time(min).

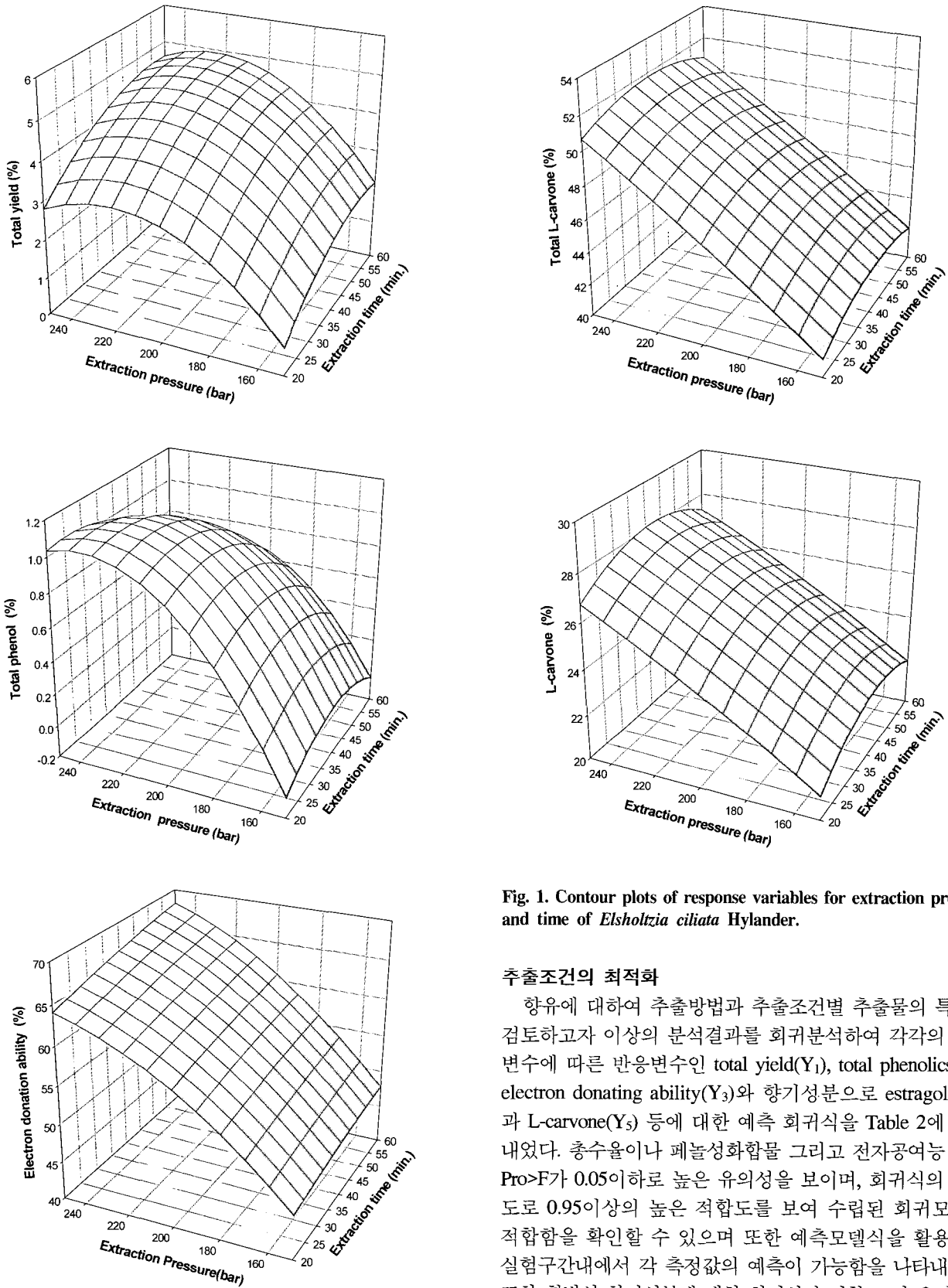


Fig. 1. Contour plots of response variables for extraction pressure and time of *Elsholtzia ciliata* Hylander.

추출조건의 최적화

항유에 대하여 추출방법과 추출조건별 추출물의 특성을 검토하고자 이상의 분석결과를 회귀분석하여 각각의 요인 변수에 따른 반응변수인 total yield(Y_1), total phenolics(Y_2), electron donating ability(Y_3)와 향기성분으로 estragole(Y_4)과 L-carvone(Y_5) 등에 대한 예측 회귀식을 Table 2에 나타내었다. 총수율이나 페놀성화합물 그리고 전자공여능 모두 $P > F$ 가 0.05이하로 높은 유의성을 보이며, 회귀식의 적합도로 0.95이상의 높은 적합도를 보여 수립된 회귀모형이 적합함을 확인할 수 있으며 또한 예측모델식을 활용하여 실험구간내에서 각 측정값의 예측이 가능함을 나타내었다. 또한 휘발성 향기성분에 대한 회귀식과 적합도 및 유의수준도 estragole과 L-carvone의 두 가지 주요 향기물질에 대한

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

Y_n	R^2	Prob > F	X_1 Pressure (bar)	X_2 Time (min)	Max.	Morphology
Total yield(%)	0.9722	0.0033	218.91	58.51	4.1904	max.
Total phenolics(%)	0.9844	0.0010	235.98	26.11	1.0797	max.
Electron donating ability(%)	0.9874	0.0007	245.54	48.25	64.2391	max.
Estragole(%)	0.9712	0.0035	248.99	40.28	27.7678	max.
L-carvone(%)	0.9982	0.0001	249.99	39.85	48.8309	max.

결정계수는 0.97과 0.99로 높은 적합도를 보였으며 이 때의 유의 수준은 0.005이하의 높은 유의성을 보여 수립된 회귀식이 적절함을 보여 주었다.

각 반응변수에 미치는 독립변수의 영향을 살펴본 결과 추출시간보다는 압력이 더 큰 변수로 작용함을 확인할 수 있었으며(15) 특히 추출압력에 대하여는 1% 이내의 유의성이 있는 것으로 나타났다. 분산분석한 결과를 알아보면 결과 대부분의 변수에 대하여 높은 유의성을 나타내었으며 수립된 이차 회귀식에 대한 적합성 결여분석 결과 반응변수 모두 유의성이 없어(P>0.05) 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하다고 할 수 있었다(data not shown).

추출물의 기능성분별 최적추출조건을 모니터링하기 위하여 유용성분에 대한 추출 최적점에서의 조건을 Table 3에 나타내었다. 주어진 실험구간내에서 정상점으로 최대점을 찾기 위하여 능선분석을 통하여 최대점과 이 때의 추출조건을 예측하고자 하였다(17). 수율의 경우 최대점은 4.2%로 나타났으며 이때의 추출조건은 219 bar의 압력과 58.5분의 추출시간인 것으로 나타났다. 총 페놀화합물과 전자공여능을 최대로 하는 추출조건으로 각각 236 bar와 246 bar와 26.1분과 48.3분으로 나타났으며 이때의 최대점으로 1.08%와 64.2%인 것으로 나타났다. 또한, 향기성분인 estragole의 함량을 최대로 할수 있는 추출조건과 값은 249 bar와 40.3분에서 27.8%의 함량을 가지는 것으로 예측되었

Table 4. Optimum extraction conditions for maximum responses of total yield, total phenolics, electron donating ability and major volatile compounds of *Elsholtzia ciliata* Hylander by superimposing contour maps

Extraction conditions	Optimum ranges	Optimum condition
Pressure (bar)	235 - 240	238
Time (min)	40 - 43	42

으며, L-carvone은 250 bar와 39.9분의 추출조건에서 48.8%의 함량을 갖는 것으로 나타나 최대점에서의 예측조건은 대부분 높은 압력의 조건과 중심점 근처의 시간으로 나타났다.

향유추출의 최적조건 설정

향유의 추출공정을 최적화하여 최적 조건을 설정하기 위하여 이상의 결과를 바탕으로 최적 추출조건 예측 분석을 실시하였다. 즉, 향유에 대하여 추출물의 total yield(Y_1), total phenolics(Y_2), electron donating ability(Y_3), estragole(Y_4)과 L-carvone(Y_5)의 contour map을 superimposing하여 최적 추출조건 범위를 예측하였다(Fig. 2). 주어진 실험구간내에서 추출물의 특성값을 최대로 할수 있는 조건을 제한조건으로 하였는데, 추출수율은 4.5%이상, 총페놀함량이 1.0% 이상으로 하고 전자공여능은 65% 이상으로 하며 estragole의 함량은 27% 이상, L-carvone은 65% 이상을 함유하는 추출조건을 최적조건으로 설정하였을 때 추출시간과 압력은 40-43분과 235-240 bar의 범위로 나타났다. 따라서 향유의 향료물질을 추출하기 위하여 초임계유체추출법으로 추출공정을 수행할 경우, 총 추출수율과 총 페놀성화합물 그리고 전자공여능의 기능성과 향기성분인 estragole과 L-carvone의 함량을 종속변수로 하여 얻어진 최적 추출조건은 Table 4에서 보는 바와 같이 최종적으로 238 bar, 42분의 추출조건이 최적으로 선정되었다.

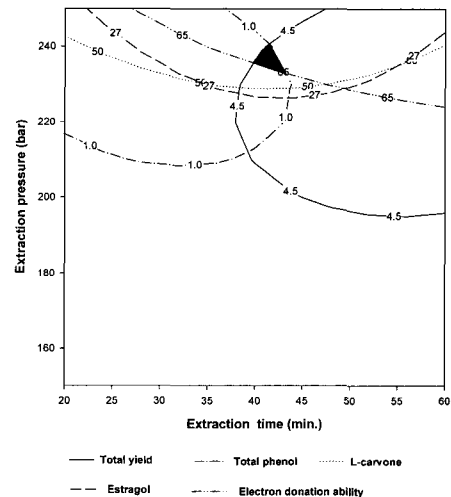


Fig. 2. Superimposed contour map of optimized conditions for total yield, total phenolics, electron donating ability, estragole and L-carvone of *Elsholtzia ciliata* Hylander as functions of extraction pressure and time by supercritical fluid extraction.

요 약

초임계추출법을 이용하여 향유로부터 정유물질을 추출

하여 향기성분과 항산화물질을 최대로 추출할 수 있는 최적 조건을 반응표면 분석법으로 얻고자 하였다. 추출물의 품질특성으로는 yield, total phenolics, electron donating ability 등을 분석하였으며 주요 향기성분으로는 estragole과 L-carvone을 선정하였다. 반응변수들은 추출시간보다는 온도의 변화에 따라 비례적으로 증가하는 경향을 보였으며, 측정된 변수에 대하여 수립된 회귀식은 높은 결정계수값을 가지는 것으로 나타났다. 추출시간보다는 압력이 더 큰 변수로 작용하여 1% 이내의 유의성이 있었으며 이차 회귀식에 대한 적합성 결여분석 결과 수립된 반응표면 모형이 통계적으로 유의하였다. 능선분석을 통하여 각 변수에 대한 최적점과 추출조건을 예측하였으며, 최적 추출조건은 실험구간내에서 추출물의 특성값을 최대로 할수 있는 조건을 제한조건하였을 때 최적조건은 238 bar, 42분이었다.

감사의 글

본 연구는 농림기술개발사업의 일환으로 수행되었으며 지원에 감사드립니다.

참고문헌

1. 장상문, 최정, 김종완, 박병윤, 박선동 (1996) 한약자원 식물학, 학문출판. 서울, p.455
2. Chi, H.J., Shin, S.H. and Chang, J.I. (1992) Analysis of essential oils from *Elscholtzia ciliata* and the production of essential oils by tissue culture. Kor. J. Pharmacogn., 23, 77-80
3. 윤종성 (1992) 향유와 꽃향유의 효능에 관한 비교연구. J. of Herbology, 7, 33-45
4. Papadopoulous, K.I. and Koukos, P.K. (1997) Essential oils from *Juniperus communis* L. grown in northern Greece: variation of fruit oil yield and composition. J. Essential Oil Research, 9, 29-35
5. Mun, H.C., Park, J.H., Kim, D.H., Yoo, J.E., Kim, J.H., Kim, C.H., Kim, J.D., Park, Y.S., Lee, H.J and Lee, H.Y. (2004) Comparison of immune activities of essential oils from *Juniperus rigida* et Z. and *Boswellia cartei* biew by supercritical fluid extraction system. Korean J. Medicinal Crop Sci., 12, 243-248
6. Rizvi, S.S.H., Benado, A.L., Zollweg, J.A. and Daniels, J.A. (1986) Supercritical fluid extraction: Fundamental principles and modeling methods. Food Technol., 40, 55-56
7. Chester, T.L., Pinhston, J.D. and Rynie, D.E. (1996) Supercritical fluid chromatography and extraction. Anal. Chem., 68, 478-514
8. Palmer, M.V. and Ting, S.S.T. (1995) Applications for supercritical fluid technology in food processing. Food Chem., 52, 345-352
9. Suh, S.C., Cho, S.G., Hong, J.H. and Choi, Y.H. (2005) Extraction characteristics of flavonoids from *Lonicera flos* by supercritical fluid carbon dioxide with co-solvent. Korean J. Food Sci. Technol., 37, 183-188
10. Woo, M.J., Seo, J.W. and Byun, S.Y. (2005) Extraction of reveratrol containing grape seed oil with supercritical carbon dioxide. Korean J. Biotechnol. Bioeng., 20, 383-386
11. Lee, J.H. and Lee, S.R. (1994) Analysis of phenolic substances content in Korean plant foods. Korean J. Food Sci. Technol., 26, 310-316
12. Kang, Y.H., Park, Y.K. and Lee, G.D. (1996) The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean J. Food Sci. Technol., 28, 232-239
13. Lee, G.D., Lee, J.E. and Kwon, J.H. (2000) Application of response surface methodology in food industry. Food Ind., 33, 33-45
14. Lee, S.Y., Chung, M.S., Kim, M.K., Baek, H.H. and Lee, M.S. (2005) Volatile compounds of *Elsholtzia splendens*. Korean J. Food Sci. Technol., 37, 339-344
15. Kim, J.Y. and Yoo, L.P. (2000) Effects of basic modifier on SFE efficiencies of ephedrine derivatives from plant matrix. Korean J. Chem. Eng., 17, 672-677
16. Boo, S.J. and Byun, S.Y. (2001) Ethanol modifies supercritical CO₂ extraction of daidzein from soybean. Korean J. Biotechnol. Bioeng., 16, 327-331
17. Kim, S.J., Kim, Y.J. and Chang, K.S. (2005) Optimization of sesame oil extraction from sesame cake using supercritical fluid CO₂. Korean J. Food Sci. Technol., 37, 431-437

(접수 2006년 3월 10일, 채택 2006년 5월 26일)