

금은화와 회화나무꽃으로부터 항산화성분의 추출 : 중심합성계획모델을 이용한 최적화

한경호* · 쥬청량 · 흥인권†

단국대학교 화학공학과, *단국대학교 전자전기공학부
(2019년 3월 25일 접수, 2019년 4월 16일 심사, 2019년 4월 16일 채택)

Extraction of Antioxidants from *Lonicera japonica* and *Sophora japonica* L.: Optimization Using Central Composite Design Model

Kyongho Han*, Chengliang Zuo, and In Kwon Hong†

Department of Chemical Engineering, Dankook University, Gyeonggi 16890, Korea
*School of Electronics and Electrical Engineering, Dankook University, Gyeonggi 16890, Korea
(Received March 25, 2019; Revised April 16, 2019; Accepted April 16, 2019)

초 록

본 연구에서는 금은화와 회화나무꽃으로부터 항산화성분을 추출하는 용매추출공정의 최적화를 위해 반응표면분석법 중 중심합성계획모델을 이용하였다. 반응표면분석법의 반응치로는 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 설정하였고, 독립변수로는 추출시간, 주정/초순수 부피비, 추출온도 등을 설정하였다. 중심합성계획모델로 최적화과정을 수행한 결과 금은화의 경우 최적조건은 추출시간(2.08 h), 주정/초순수의 부피비(41.53 vol.%), 추출온도(55.08 °C)이었으며, 이때 수율(37.38 wt.%), DPPH 라디칼소거활성(40.37%) 값을 나타내었다. 또한 회화나무꽃의 경우 추출시간(2.13 h), 주정/초순수의 부피비(62.89 vol.%), 추출온도(50.42 °C)에서 개별 최대값인 수율(35.43 wt.%), DPPH 라디칼소거활성(55.27%) 값을 나타내었다.

Abstract

In this study, an antioxidant was extracted from *Lonicera japonica* and *Sophora japonica* L, which was optimized by using the central composite design (CDD) model of response surface methodology (RSM). The response value of CDC model establishes the extraction yield and the 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity. The extraction time, volume ratio of ethanol/ultrapure water, and extraction temperature were selected as quantitative factors. According to the result of CDC, optimal extraction conditions of *Lonicera japonica* were as follows; the extraction time of 2.08 h, volume ratio of ethanol/ultrapure water of 41.53 vol.%, and extraction temperature of 55.08 °C. At these conditions the expected results indicated that the yield and DPPH radical scavenging activity were estimated as 37.88 wt% and 40.37%, respectively. On the other hand, optimal extraction conditions of *Sophora japonica* L. could be found as the extraction time of 2.13 h, volume ratio of ethanol/ultrapure water of 62.89 vol.%, and temperature of 50.42 °C. Under the conditions, the (possible) maximum values of yield and DPPH radical scavenging activity were found as 35.43 wt% and 55.7%, respectively.

Keywords: Antioxidant, *Lonicera japonica*, *Sophora japonica* L., Central composite design model

1. 서 론

고령화 사회로의 진입이 가속화되면서 건강 및 노화방지에 대한 다양한 연구가 진행되고 있다. 노화와 질병의 원인으로 알려진 활성산소종(reactive oxygenspecies, ROS)은 대사활동에 의해 유입되고, 체내에 축적되어 세포손상을 일으켜 노화나 질병을 유발시킨다[1-3]. 따라서 노화 방지와 질병의 예방을 위해서는 항산화시스템의 균형을 유지

하는 것이 중요하며, 이를 위해 충분한 양의 항산화 물질을 섭취해야 한다. 피부 관리 영역에도 마찬가지다. 피부 세포 노화 따라 다중 피부 질병을 방지 위해 항산화 기능성 가진 화장품을 더욱 발달하게 개발해야 된다고 생각하다. 항산화 물질로 알려진 금은화(*Lonicera japonica*)는 인동과 인동덩굴과 같은 덩굴식물의 꽃으로 처음 피었을 때 흰색이었다가 시간 지남에 따라 금색으로 바뀌어 붙여진 이름이다. 금은화는 강한 환경적응성을 가지고 있어 산성 및 알칼리성 토양 모두에 생존할 수 있으며, 해열 및 해독효과가 있는 것으로 알려져 있다. 금은화에는 chlorogenic acid와 cinaroside 등이 함유되어 있어 용혈성 연쇄상 구균 및 포도상 구균 등 다중 병원균 및 기관지 감염을 야기하는 병독 등에게 강한 억제력을 가지고 있다. 또한 면역력을 증강시켜 간

† Corresponding Author: Dankook University,
Department of Chemical Engineering, Gyeonggi 16890, Korea
Tel: +82-31-8005-3544 e-mail: khong@dankook.ac.kr

을 보호하고 항암, 소염, 해열, 지혈 등의 효능을 가지고 있다[4-7]. 회화꽃망울(*Flos Sophorae Immaturus*)은 회화나무(*Sophora japonica L.*)의 꽃망울이며, 소염, 항균, 피부노화 예방 등에 효용이 있는 것으로 알려져 있었다[8-10]. 금은화과 마찬가지로 회화나무도 강한 생명력으로 중국에 광범하게 생장하고 있으며, 예로부터 약차로 음용하여 해열, 해독 등의 효능을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 금은화와 회화나무꽃으로부터 항산화성분을 추출하는 용매추출공정의 최적화를 위해 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)을 이용하였다. 반응표면분석법의 반응치(response)로는 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 설정하였고, 독립변수로는 추출시간, 주정/초순수 부피비, 추출온도 등을 설정하였다. 이를 바탕으로 중심합성계획모델로부터 산출된 회귀방정식을 이용하여 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 동시에 최적화시킴으로써 최적 추출조건을 제시하고자 하였다.

2. 실험방법

2.1. 천연물로부터 항산화성분의 추출

본 연구에서는 건조 분쇄된 금은화와 회화나무꽃으로부터 항산화성분을 추출하기 위해 추출용매로 초순수(Vivagenen EXL-III)와 95%-주정(Daehan Ethanol Life Co.)을 이용하였다. 추출용매 500 mL를 기준으로 금은화 시료의 양을 20 g으로 고정하여 실험을 수행하였으며, 반응표면분석법의 독립변수를 결정하기 위해 기초실험 범위로는 추출시간(1~4 h), 주정/초순수 부피비(20~80 vol.%), 추출온도(40~70 °C) 등을 설정하였다. 금은화로부터 추출된 항산화성분의 추출수율은 원료 20 g을 기준으로 냉동건조법(freeze drying method)을 이용하여 얻은 항산화성분의 질량을 측정하여 계산하였다. 냉동건조법은 금은화로부터 추출된 항산화성분을 고형화하는 과정으로 추출액을 여과한 후 진공회전증발기(Eyela N-N type, Aspirator A-3S)를 이용하여 농축하였다. 농축된 추출액을 1차로 -10 °C에서 6 h 동안 동결한 후 냉동건조장치(LP3, Jouan, France)에서 0.1 mbar, -40 °C의 조건으로 24 h 냉각건조하였다.

2.2. DPPH 라디칼소거활성 분석

천연물로부터 추출된 항산화성분의 항산화 분석을 위해 자외선 분광분석기(Optizen 2120 UV, MECASYS)를 이용하여 DPPH 라디칼소거활성을 측정하였다. DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 측정은 Lu와 Foo 등이 제안한 방법으로 진행하였다[13]. 0.2 mL의 시료 용액에 0.1 mL의 DPPH (15 mg/100 mL methanol) 용액을 가하여 10 min 간 암실에서 반응시킨 후 자외선 분광분석기의 파장을 517 nm로 조절하여 흡광도를 측정하였다. 이때 시료를 첨가하지 않은 무첨가군(control)과 비교하여 다음과 같이 DPPH 라디칼소거활성을 백분율(%)로 나타내었다[11,12].

$$\text{DPPH radical scavenging activity (\%)} = \left(\frac{\text{Abs}_{(\text{control})} - \text{Abs}_{(\text{sample})}}{\text{Abs}_{(\text{control})}} \right) \times 100 \quad (1)$$

3. 결과 및 고찰

3.1. 반응표면분석법의 독립변수범위 설정

금은화와 회화나무꽃으로부터 항산화성분을 추출하기 위한 추출공

정의 독립변수 범위를 설정하기 위해 기초실험을 진행하였다. 기초실험은 추출시간(1~4 h), 주정/초순수 부피비(20~80 vol.%), 추출온도(40~70 °C) 등에서 진행하였으며, 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 통해 반응표면분석법에 적용할 독립변수범위를 설정하였다. Figure 1은 각 독립변수에 따른 금은화와 회화나무꽃으로부터 추출된 항산화성분의 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 나타낸 그림이다. 추출시간이 증가함에 따라 추출수율은 증가하는 경향을 나타내었으나 3 h 이상에서는 추출량의 변화가 거의 나타나지 않았다. 또한 추출시간이 증가하면 DPPH 라디칼소거활성은 증가하다 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 추출과정 중 추출시간이 증가함에 따라 추출량은 증가하나 추출물의 DPPH 라디칼소거활성은 거의 일정하게 추출됨으로써 추출수율은 증가하나 추출물 중 DPPH 라디칼소거활성은 감소하기 때문으로 사료된다. 주정/초순수 부피비에 따른 금은화 중 유효성분의 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 측정한 결과 주정/초순수 부피비가 증가함에 따라 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성 모두 증가하다 감소하는 경향을 나타내었다. 추출온도 변화에 따른 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성의 변화 역시 추출시간과 마찬가지로 추출수율은 추출온도가 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내었으나 DPPH 라디칼소거활성은 증가하다 감소하는 경향을 나타내었다. 이는 추출온도가 증가하면 추출량은 증가하나 금은화 중 추출되는 DPPH 라디칼소거활성은 거의 일정하게 추출되기 때문으로 사료된다. 따라서 본 연구에서는 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 모두 고려하여 반응표면분석법에 적용할 독립변수 범위를 금은화의 경우 추출시간(1.5~2.5 h), 주정/초순수 부피비(30~50 vol.%), 추출온도(50~60 °C)로 회화나무꽃의 경우 추출시간(1.5~2.5 h), 주정/초순수 부피비(50~70 vol.%), 추출온도(45~55 °C)로 설정하였다.

3.2. 금은화로부터 항산화물질의 추출특성

본 연구에서는 반응표면분석법을 이용하여 금은화의 열수추출공정의 추출조건을 최적화하였다. 반응표면분석법은 통계학적인 특성과 수학적 기술을 결합하여 여러 조건에 따른 최적화된 공정을 제시한다[13]. 추출공정에 중요한 독립변수로 고려되는 인자에 대한 실험범위는 추출시간(1.5~2.5 h), 주정/초순수의 부피비(30~50 vol.%), 추출온도(50~60 °C)를 사용하였다. 독립변수에 영향을 받는 반응치는 유효성분의 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 측정하여 그 값을 회귀분석에 사용하였다. 추출공정의 최적 조건을 찾기 위해 중심합성계획법에 따라 설계된 Table 1과 같이 20개의 조건에 대하여 각 실험을 진행하였다. Table 1의 독립변수에서 실험을 진행한 후 각각의 결과를 반응표면분석법으로 최적화하여 독립변수에 따른 추출수율과 항산화물질 성분 함량에 대한 회귀방정식을 얻었다. 중심합성계획법에 따라 설계된 추출공정의 추출수율에 대한 반응표면분석 회귀방정식은 다음과 같다.

$$Y = -82.0 + 4.73x_1 + 0.650x_2 + 3.659x_3 - 1.222x_1^2 - 0.00998x_2^2 - 0.03322x_3^2 + 0.0463x_1x_2 - 0.0305x_1x_3 + 0.00167x_2x_3 \quad (2)$$

여기서 Y 는 반응표면분석법에서 반응치로 설정한 유효성분의 추출수율이고, 독립변수인 x_1 , x_2 , x_3 는 각각 추출시간, 주정/초순수의 부피비, 추출온도이다. Figure 2는 식 (2)의 회귀방정식을 활용하여 추출수율에 따른 인자에 대한 영향을 각각 3차원 표면그래프와 등고선도로 나타낸 그림이다. 여기 세 가지 계량인자 안에 두 개의 수율에 영향을 나타내기 위해 하나 고정 인자 값이 각각 추출시간 2.04 h, 주정/초순

Table 1. Experimental Data on Extraction Yield and DPPH of *Lonicera japonica* based on Central Composite Design in Solvent Extraction Process

No.	Extraction conditions			Experimental data	
	Time [h]	EtOH [vol.%]	Temp. [°C]	Yield [wt.%]	DPPH [%]
1	2.50	50.00	50.00	35.53	39.06
2	1.16	40.00	55.00	36.12	38.63
3	2.50	50.00	60.00	35.59	38.38
4	2.00	40.00	46.59	34.37	37.61
5	2.00	56.82	55.00	35.54	37.94
6	2.00	40.00	55.00	37.29	40.29
7	1.50	50.00	50.00	35.42	37.85
8	2.50	30.00	50.00	35.26	38.39
9	2.84	40.00	55.00	36.63	39.58
10	1.50	30.00	60.00	35.49	38.73
11	1.50	50.00	60.00	35.17	38.25
12	2.00	40.00	55.00	37.42	40.33
13	2.50	30.00	60.00	34.37	37.42
14	1.50	30.00	50.00	35.46	38.69
15	2.00	40.00	55.00	37.35	40.41
16	2.00	40.00	55.00	37.41	40.52
17	2.00	40.00	63.41	35.41	38.44
18	2.00	23.18	55.00	33.29	36.18
19	2.00	40.00	55.00	37.46	40.27
20	2.00	40.00	55.00	37.18	40.35

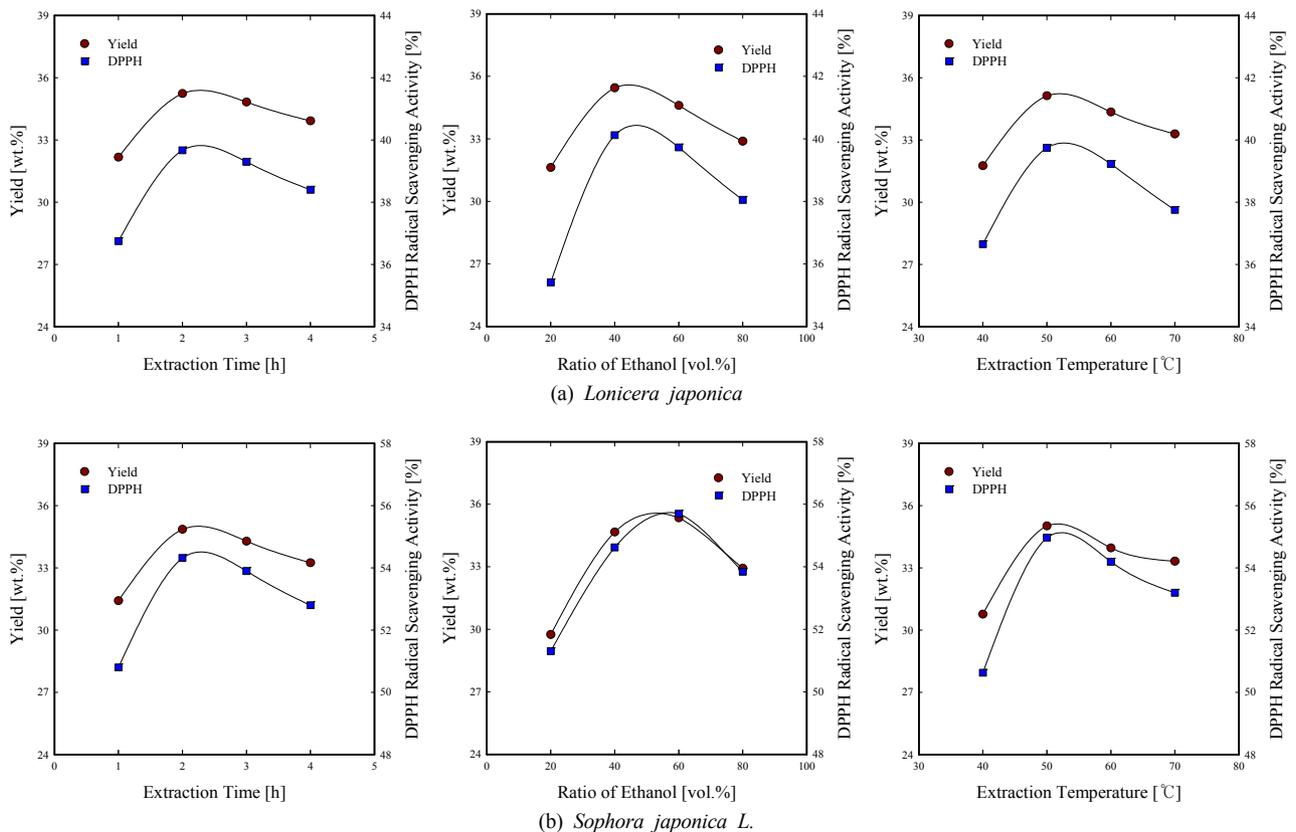


Figure 1. Extraction yield and DPPH radical scavenging activity of antioxidant from the *Lonicera japonica* and *Sophora japonica* L.

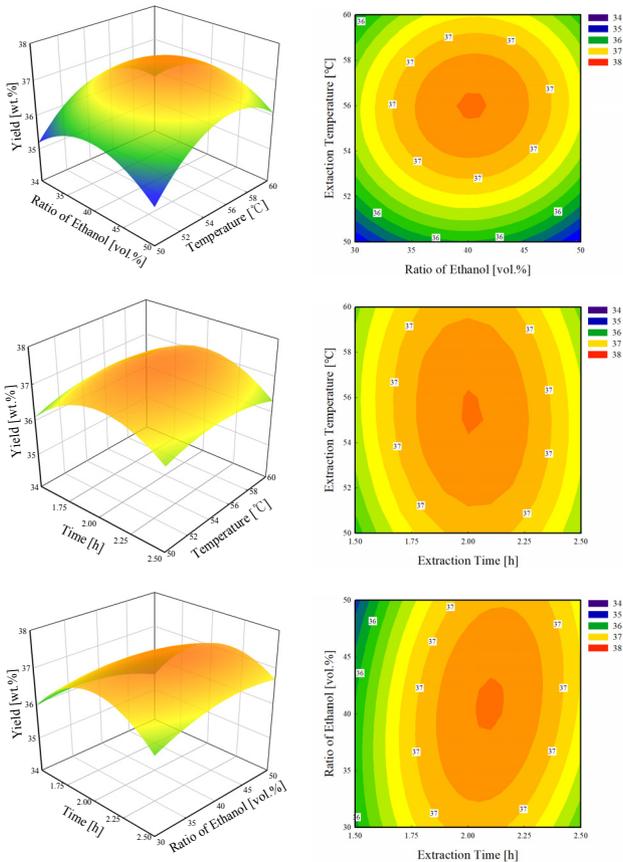


Figure 2. Response surface for yield of *Lonicera japonica* extract at constant values as a function of time, ethanol concentration and temperature.

수 부피비 41.87 vol.%, 추출온도 55.25 °C로 하였다. 따라서 주효과도인 (추출시간) : (주정/조순수의 부피비) : (추출온도)의 비율은 7.28 : 1.0 : 5.63로 나타내며, 교호효과도인 (추출시간 × 주정/조순수의 부피비) : (추출시간 × 추출온도) : (주정/조순수의 부피비 × 추출온도)의 비율은 27.73 : -18.26 : 1.0로 나타났다.

반응표면분석법 중 중심합성계획법에 따라 설계된 열수추출공정의 DPPH 라디칼소거활성에 대한 반응표면분석 회귀방정식은 다음과 같다.

$$AO = -75.3 + 8.67x_1 + 0.650x_2 + 3.390x_3 - 1.421x_1^2 - 0.01078x_2^2 - 0.02948x_3^2 + 0.0737x_1x_2 - 0.1045x_1x_3 + 0.00162x_2x_3 \quad (3)$$

여기서 AO는 DPPH 라디칼소거활성이고 독립변수인 x_1, x_2, x_3 는 순서대로 추출시간, 주정/조순수의 부피비, 추출온도로 설정하였다. Figure 3는 위에 회귀방정식을 이용하여 계산된 독립변수에 따른 추출된 유효성분의 DPPH 라디칼소거활성을 3차원 그래프와 등고선도 그림이다. 이 회귀방정식에 따라서 DPPH 라디칼소거활성에 대해 인자들 미친 영향의 강도비율은 추출시간 : 주정/조순수의 부피비 : 추출온도의 비율은 13.34 : 1.0 : 5.22로 나타내며, 서로 미친 영향의 교호효과도인 (추출시간 × 주정/조순수의 부피비) : (추출시간 × 추출온도) : (주정/조순수의 부피비 × 추출온도)의 비율은 45.49 : -64.51 : 1.0로 나타났다.

본 연구에서 각 독립변수의 주효과도와 교호효과도를 정확하게 보

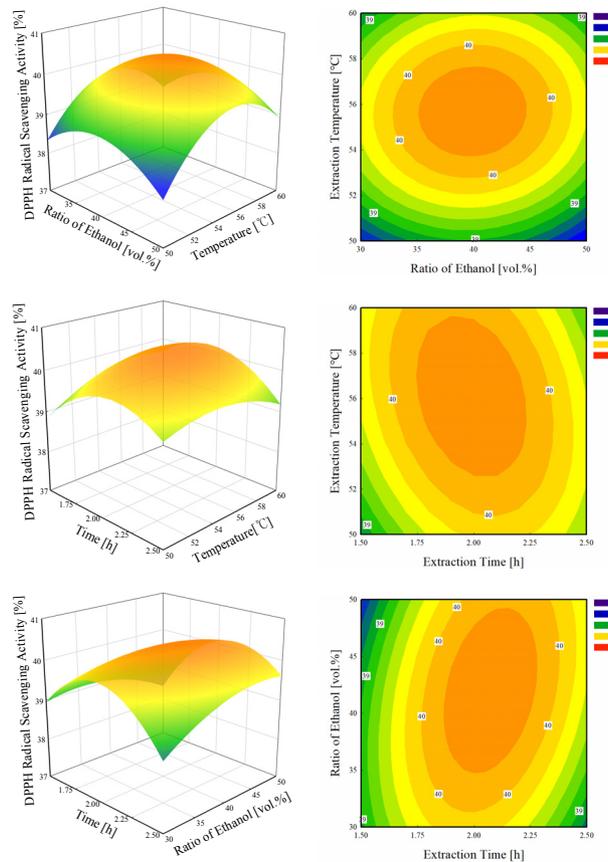


Figure 3. Response surface for DPPH radical scavenging activity of the *Lonicera japonica* at constant values as a function of time, ethanol concentration and temperature.

이기 위해 각 독립변수의 변화에 따른 추출수율 및 DPPH 라디칼소거활성의 변화를 Figure 4에 나타내었다. 본 연구에서 산출된 최적조건인 추출시간(2.08 h), 주정/조순수의 부피비(41.53 vol.%), 추출온도(55.08 °C)를 기준으로 기초실험으로 하였다. 동일한 변화 범위를 유지하기 위해 선정된 각 독립변수 범위의 고정 폭 10%를 증가 또는 감소시켜 회귀방정식으로부터 계산하였다. 구체적인 설정된 범위는 최적추출시간 2.08 h을 기준으로 ± 0.1 h, 주정/조순수의 부피비의 최적조건인 41.53 vol.%을 기준으로 ± 2.0 vol.%, 최적추출온도인 55.08 °C를 기준으로 ± 1.0 °C를 각 조건의 ± 10%로 설정하였으며, 모든 독립변수의 경우 최적조건을 기준으로 증가하다 감소하는 경향을 나타내었다. 그림에서와 같이 주정/조순수의 부피비가 추출수율 및 DPPH 라디칼소거활성에 대해 가장 큰 영향을 미치며, 나머지 두 개 독립변수인 추출온도와 추출시간부터 실험 결과에 미친 영향이 그 뒤를 따르는 것을 알 수 있었다.

3.3. 회화나무꽃으로부터 항산화물질의 추출

회화나무꽃으로부터 항산화물질의 추출공정은 금은화 추출과 비슷하게 기출 실험에 대해 분석해서 표면분석법을 이용한 독립변수 범위를 설정하였다. 금은화 추출공정에 나온 데이터와 비교하기 위해 기초 실험조건은 추출시간(1.5~2.5 h), 주정/조순수의 부피비(50~70 vol.%), 추출온도(45~55 °C)로 설정하였다.

추출공정의 최적 조건을 찾기 위해 금은화 추출공정과 비슷하게 중

Table 2. Experimental Data on Extraction Yield and DPPH of *Flos Sophorae Inmaturus* based on Central Composite Design in Solvent Extraction Process

No.	Extraction conditions			Experimental data	
	Time [h]	EtOH [vol.%]	Temp. [°C]	Yield [wt.%]	DPPH [%]
1	1.50	50.00	45.00	32.76	52.21
2	2.00	60.00	58.41	33.88	53.25
3	2.50	50.00	45.00	32.72	52.41
4	1.50	50.00	55.00	32.83	52.14
5	2.00	60.00	50.00	35.23	55.32
6	1.50	70.00	55.00	34.23	53.82
7	2.00	60.00	50.00	35.52	54.77
8	2.00	60.00	41.59	34.12	54.47
9	2.50	50.00	55.00	33.68	54.12
10	2.00	60.00	50.00	35.17	55.21
11	2.50	70.00	55.00	34.75	54.03
12	2.00	60.00	50.00	35.45	55.53
13	2.00	43.18	50.00	34.48	54.91
14	2.84	60.00	50.00	34.77	54.99
15	2.00	60.00	50.00	35.33	55.42
16	1.50	70.00	45.00	33.85	53.03
17	2.00	76.82	50.00	33.75	55.12
18	2.00	60.00	50.00	35.38	54.59
19	1.16	60.00	50.00	34.33	54.42
20	2.50	70.00	45.00	34.38	53.39

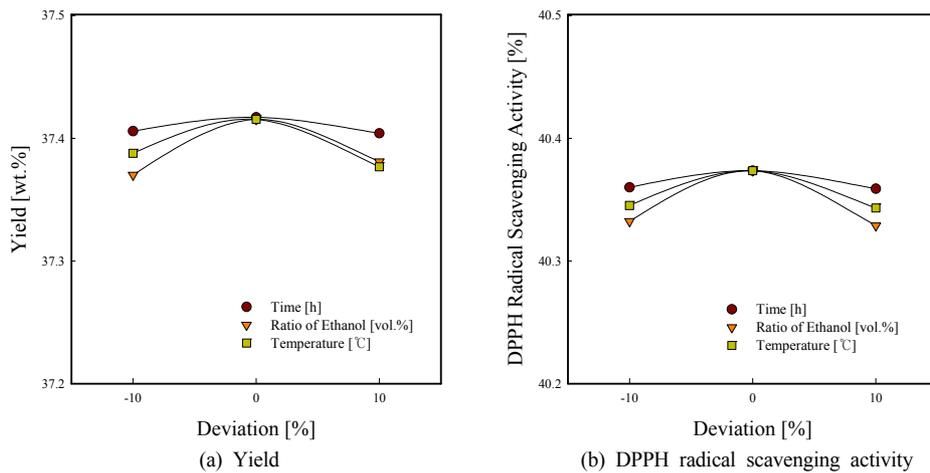


Figure 4. Perturbation plot for the effect of variables on yield and DPPH radical scavenging activity from *Lonicera japonica*.

심합성계획법에 따라 설계된 20개의 조건이 Table 2에 정리하였다. 각 조건에 대하여 실험을 진행하며, 받은 실험 데이터를 반응표면분석법으로 최적화하여 독립변수에 따른 추출수율과 항산화물질 성분 함량에 대한 다음과 같은 회귀방정식을 얻었다.

$$\begin{aligned}
 Y = & -49.1 + 4.03x_1 + 0.702x_2 + 2.304x_3 - 1.552x_1^2 - 0.00542x_2^2 \\
 & - 0.02329x_3^2 + 0.0060x_1x_2 + 0.0440x_1x_3 - 0.00070x_2x_3 \quad (4)
 \end{aligned}$$

Figure 5는 위의 회귀방정식을 활용하여 추출수율에 따른 인자에 대한 영향을 각각 3차원 표면그래프와 등고선도로 나타난 그림이다. 주효과도인 (추출시간) : (주정/초순수의 부피비) : (추출온도)의 비율은 5.74 : 1.0 : 3.28로 나타났으며, 교호효과도인 (추출시간 × 주정/초순수의 부피비) : (추출시간 × 추출온도) : (주정/초순수의 부피비 × 추출온도)의 비율은 -8.57 : -62.86 : 1.0로 나타났다. 따라서 한 가지 인자를 최적값으로 고정하면 나머지 두 인자에 따른 유효성분의 추출수율은 각 인자별로 다른 경향을 보였다. 하나씩 고정 인자 값이 각각 추

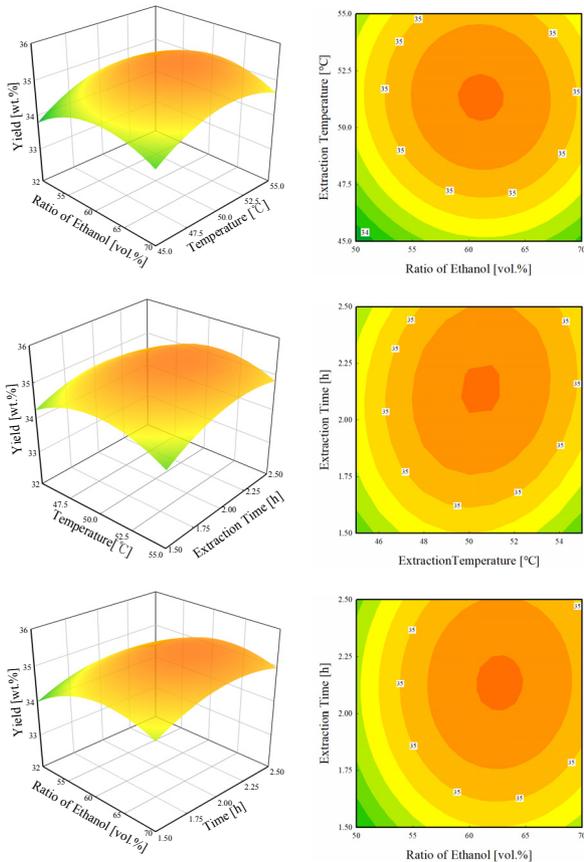


Figure 5. Response surface for yield of *Sophora japonica* L. extract at constant values as a function of time, ethanol concentration and temperature.

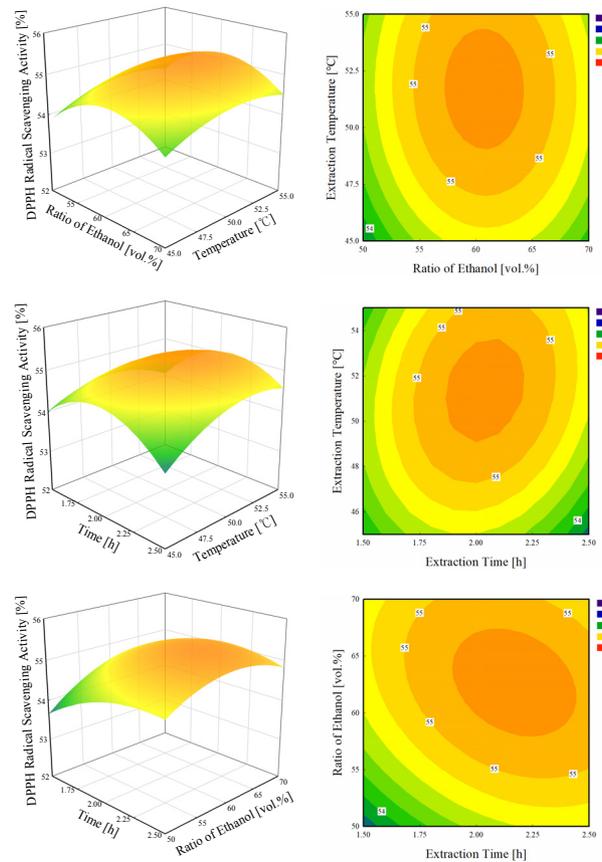


Figure 6. Response surface for DPPH radical scavenging activity of the *Sophora japonica* L. at constant values as a function of time, ethanol concentration and temperature.

출시간(2.13 h), 주정/초순수의 부피비(62.89 vol.%), 추출온도(50.42 °C)로 산출되었다.

같은 반응표면분석법 중 중심합성계획법원리로 설계된 열수추출공정의 항산화성분 함량에 대한 반응표면분석 회귀방정식은 다음과 같다.

$$AO = -39.0 + 5.89x_1 + 0.528x_2 + 2.83x_3 - 1.75x_1^2 - 0.00328x_2^2 - 0.0295x_3^2 - 0.0403x_1x_2 + 0.082x_1x_3 - 0.00052x_2x_3 \quad (5)$$

이 회귀방정식을 이용하여 DPPH 라디칼소거활성에 따른 인자에 대한 영향을 Figure 6에 3차원 그래프와 등고선도로 나타내었다. 주효과도인 (추출시간) : (주정/초순수의 부피비) : (추출온도)의 비율은 11.16 : 1.0 : 5.36로 나타내며, 교호효과도인 (추출시간 × 주정/초순수의 부피비) : (추출시간 × 추출온도) : (주정/초순수의 부피비 × 추출온도)의 비율은 77.50 : -157.69 : 1.0로 나타났다.

각 독립변수들의 주효과도와 교호효과도를 확인하기 위해 섭동(perturbation) 그래프를 이용하여 해석하였다. 금은화 추출공정과 마찬가지로 본 연구대상 회화나무꽃으로부터 최적 추출조건인 추출시간(2.13 h), 주정/초순수의 부피비(62.89 vol.%), 추출온도(50.42 °C)를 기준으로 각 독립변수 범위의 10%를 증가 또는 감소시켜 회귀방정식으로 계산하였다. 즉, 추출시간 2.13 h 기준으로 ± 0.1 h, 주정/초순수의 부피비 경우 62.89 vol.%을 기준으로 ± 2.0 vol.%, 추출온도 경우 50.42 °C를 기준으로 ± 1.0 °C를 설정하여 Figure 7에 나타내었다. 그림

에서와 같이 세 가지 독립변수 중 주정/초순수의 부피비가 실험결과에 대하여 제일 큰 영향을 미치는 것을 알 수 있었다.

3.4. 종합만족도 평가

Figure 8은 금은화 추출공정 실험 결과 통해 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성 두 반응치를 함께 고려한 최적한 추출조건인 추출시간 = 2.08 h, 주정/초순수 부피비 = 41.53 vol.%, 추출온도 = 55.08 °C에 따른 최적화 종합만족도 그래프이다. 이 조건으로부터 예상되는 반응값이 각각 추출수율 = 37.38 wt.%, DPPH 라디칼소거활성 = 40.37%로 나타났다. 또한 Figure 9는 회화나무꽃 추출공정 결과 통해 금은화 추출공정과 동일한 방법으로 두 반응치를 함께 고려해서 만든 최적화 종합만족도 그래프이다. 여기 3가지 변수의 최적 조건은 각각 추출시간 = 2.13 h, 주정/초순수 부피비 = 62.89 vol.%, 추출온도 = 50.42 °C이다. 최적 조건에 예상하게 얻을 수 있는 반응치가 각각 추출수율 = 35.43 wt.%, DPPH 라디칼소거활성 = 55.27%로 나타났다.

4. 결 론

본 연구에서는 열수 추출공정을 이용하여 금은화 및 회화나무꽃으로부터 유효성분을 추출하고, 중심합성계획모델을 이용하여 추출수율과 DPPH 라디칼소거활성을 최적화한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

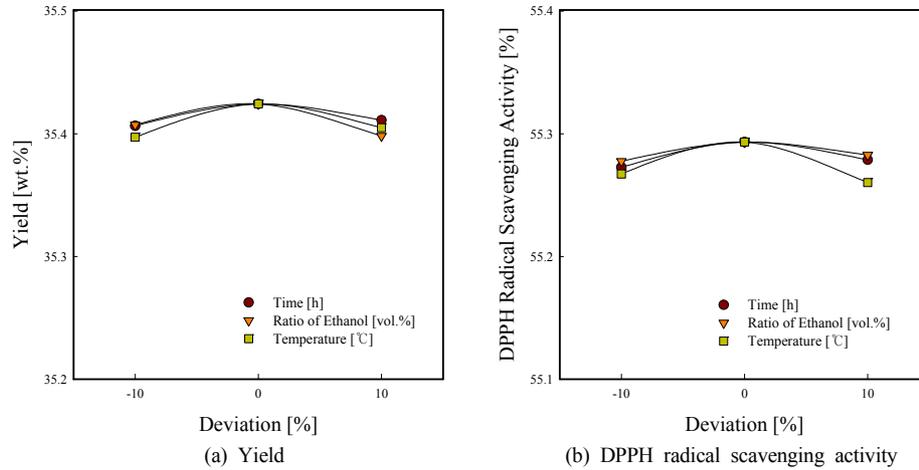


Figure 7. Perturbation plot for the effect of variables on Yield and DPPH radical scavenging activity from *Sophora japonica L.*

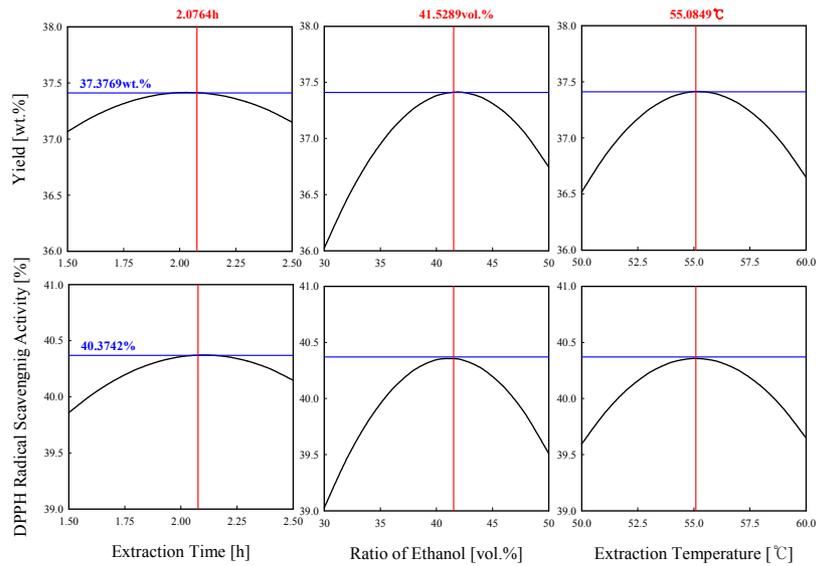


Figure 8. Optimization graph of response surface for yield and DPPH radical scavenging activity of the *Lonicera japonica*.

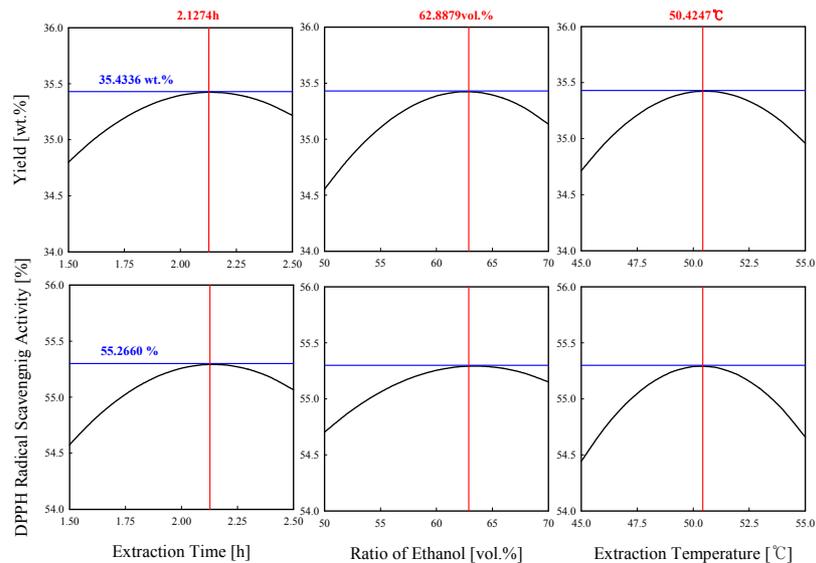


Figure 9. Optimization graph of response surface for yield and DPPH radical scavenging activity of the *Sophora japonica L.*

1. 금은화로부터 추출공정 경우 모든 독립변수에 대해 최적조건을 기준으로 증가하다 감소하는 경향을 나타내었으며, 주정/초순수의 부피비는 추출수율 및 DPPH 라디칼소거활성에 대해 제일 큰 영향을 미친 것을 알 수 있다. 중심합성계획모델로 최적화과정을 수행한 결과 추출시간(2.08 h), 주정/초순수의 부피비(41.53 vol.%), 추출온도(55.08 °C)에서 개별 최대값인 수율(37.38 wt.%), DPPH 라디칼소거활성(40.37%) 값을 나타내었다.

2. 회화나무꽃으로 추출공정 경우 3가지 독립변수에 대해 증가하는 경향을 나타내었으나 최적조건 이후 증가율이 감소하였다. 따라서 회화나무꽃으로부터 항산화 유효성분을 추출하는 추출공정에 추출수율 및 DPPH 라디칼소거활성에 대해 가장 큰 영향을 미친 변수인 주정/초순수의 부피비가 가장 중요한 독립변수인 것을 알 수 있었다. 중심합성계획모델로 최적화과정을 수행한 결과 추출시간(2.13 h), 주정/초순수의 부피비(62.89 vol.%), 추출온도(50.42 °C)에서 개별 최대값인 수율(35.43 wt.%), DPPH 라디칼소거활성(55.27%) 값을 나타내었다.

3. 두 추출공정에서 금은화 및 회화나무꽃의 추출물은 모두 효과적인 항산화능을 가지고 있는 것을 확인할 수 있었다. 추출수율의 경우 금은화가 회화나무꽃에 비해 조금 높은 값을 나타내었으나 DPPH 라디칼소거활성의 경우 회화나무꽃에서 추출한 항산화물질이 금은화에 비해 높은 값을 나타내었다.

감 사

이 연구는 2017학년도 단국대학교 대학연구비 지원으로 연구되었음.

References

1. L. A. Callender, E. C. Carroll, E. A. Bober, and S. M. Henson, Divergent mechanisms of metabolic dysfunction drive fibroblast and T-cell senescence, *Ageing Res. Rev.*, **47**, 24-30 (2018).
2. E.-S. Yang, R.-H. Hong, and S.-M. Kang, The effect of genistein on the proliferation and type I pN collagen synthesis in aged normal human fibroblasts, *Koan J. Microbiol. Biotechnol.*, **35**(4), 316-324 (2007).
3. J. P. de Magalhães and J. F. Passos, Stress, cell senescence and organismal ageing, *Mech. Ageing Dev.*, **170**, 2-9 (2018).
4. Q. Yang, Q. Wang, W. Deng, C. Sun, Q. Wei, M. Adu-Frimpong, J. Shi, J. Yu, and X. Xu, Anti-hyperuricemic and anti-gouty arthritis activities of polysaccharide purified from in model rats, *Int. J. Biol. Macromol.*, **123**, 801-809 (2019).
5. X. Shang, H. Pan, M. Li, X. Miao, and H. Ding, *Lonicera japonica* Thunb.: Ethnopharmacology, phytochemistry and pharmacology of an important traditional Chinese medicine, *J. Ethnopharmacol.*, **138**(1), 1-21 (2011).
6. D. Kong, Y. Li, M. Bai, H. He, G. Liang, and H. Wu, Correlation between the dynamic accumulation of the main effective components and their associated regulatory enzyme activities at different growth stages in *Lonicera japonica* Thunb, *Ind. Crops Prod.*, **96**, 16-22 (2017).
7. Q. Paynter, A. Konuma, S. L. Dodd, R. L. Hill, L. Field, A. H. Gourlay, and C. J. Winks, Prospects for biological control of *Lonicera japonica* (Caprifoliaceae) in New Zealand, *Biol. Control*, **105**, 56-65 (2017).
8. A. Alberti, A. A. F. Zelinski, D. M. Zardo, I. M. Demiate, A. Nogueira, and L. I. Mafra, Optimisation of the extraction of phenolic compounds from apples using response surface methodology, *Food Chem.*, **149**, 151-158 (2014).
9. P. E. Ohale, C. F. Uzoh, and A. A. Shamsuddeen, Response surface methodology optimization of adsorptive desulfurization on nickel/activated carbon, *Chem. Eng. J.*, **313**, 993-1003 (2017).
10. Y. Lu and L. Y. Foo, Antioxidant and radical scavenging activities of polyphenols apple pomace, *Food Chem.*, **68**, 81-85 (2000).
11. I. Hamlaoui, R. Bencheraiet, R. Bensegueni, and M. Bencharif, Experimental and theoretical study on DPPH radical scavenging mechanism of some chalcone quinoline derivatives, *J. Mol. Struct.*, **1156**, 385-389 (2018).
12. M. Zamani, A. M. Delfani, and M. Jabbari, Scavenging performance and antioxidant activity of γ -alumina nanoparticles towards DPPH free radical: Spectroscopic and DFT-D studies, *Spectrochim. Acta A*, **201**, 288-299 (2018).
13. S. B. Lee, X. Wang, and I. K. Hong, Ultrasound-assisted extraction of total flavonoids from wheat sprout: Optimization using central composite design method, *Appl. Chem. Eng.*, **29**(6), 663-669 (2018).