

반응표면 분석에 의한 도토리 열수 추출물의 항산화적 특성

이진만 · 김성호^{1†}

호서대학교 식품생물공학과, ¹경북과학대학 바이오 식품과

Antioxidant Properties of Acorn Hot-Water Extract Using Response Surface Methodology

Jin-Man Lee and Seong-Ho Kim^{1†}

Department of Food and Biotechnology, Hoseo University, Asan 336-795, Korea

¹Department of Bio-Food Science, Kyongbuk College of Science, Chilgok 718-851, Korea

Abstract

As part of studies on functional food development from the acorn (*Quercus acutissima* CARRUTHERS), this study investigated the antioxidant properties of the acorn using response surface methodology. Optimal extraction conditions were established by monitoring total phenol levels, electron donating ability, antioxidant ability and nitrite-scavenging action using response surface analysis under a central composite design. The extraction temperature varied in the 30-70°C, the extraction time between 1-5 h, and the solvent ratio was in the interval 5-25 mL/g of sample. Extracted total total phenols were highest at 57.91°C, 4.08 h, and 22.39 mL/g. This extraction was influenced by solvent ratio, but not by extraction time or temperature. Electron donating ability was found to be highest at 60.37°C, 2.85 h, and 6.47 mL/g. The highest antioxidant level was 2.09 AI at 37.11°C, 1.67 h, and 18.84 mL/g, and this value was greatly influenced by all of extraction temperature, extraction time, and solvent ratio. Nitrite-scavenging ability was found to be highest at 47.07°C, 1.24 h, and 19.55 mL/g. Changes in nitrite-scavenging ability were most influenced by solvent ratio, followed by extraction temperature, but no influence of extraction time within the range tested was found.

Key words : Acorn, antioxidant, extraction condition, central composite design, response surface methodology

서 론

도토리(*Quercus acutissima*)는 우리나라 전역의 산림에서 분포되어 있는 참나무과(Fagaceae)(1) 나무의 열매로서 그 종류는 약 28종이나 되며 우리나라에서는 주로 도토리묵의 재료로 이용되어 왔으나 세계 여러 나라에서는 죽, 떡 대용커피 뿐 아니라 의약과 산업분야에 활용되었다(2). 우리나라에서 도토리는 훈공기의 구황식품으로 오래 전부터 식용 되었으나 근래에는 자연 건강식품으로 애용되고 있다(3). 한방에서 도토리는 설사, 위장병에 사용한다고 하고, 민간에서는 껍질을 달인 즙을 고환이 붓는 병과 임질에 사용한다고 했으며, 한의서에서는 도토리를 상수리 열매라

하여 오랜 위장염이나 피로 숙취에 널리 쓰이며 또한 장위를 강화하여 지사작용, 허약체질 보신효과가 있으며, 위경대장경을 보호하고 잇몸질환, 인후두염, 구내염, 종독, 산기, 강장, 인후통 등에 치료 효과가 탁월하다고 하였다(4). 도토리가 인체 부의 독소(중금속)를 해독하는 수렴작용과 도토리를 먹으면 설사를 그치게 하는 것은 도토리에 함유되어 있는 tannin성분 때문으로 알려져 있다(5).

도토리의 성분은 전분이 약 65~69%, 조단백 5.8~7.8%, 조지방 1.1~5.0%, 조섬유 2.1~3.6%, 조회분 1.9~3.4%, 탄닌 4.6~9.3% 및 수분이 6.5~13.7% 내외로 함유되어 있다(6). 또한 도토리에는 천연 항산화성분인 gallic acid, digallic acid 및 gallotannin 등을 다량 함유하고 있으며 도토리의 유기용매 추출물의 유탍액 상태에서 기질에 강한 항산화능을 나타내었고 우지와 대두유탍액에 도토리의 유기용

[†]Corresponding author. E-mail : shkim@kbcs.ac.kr,
Phone : 82-54-972-9586, Fax : 82-54-972-9220

매추출물의 항산화 효과가 강하게 나타났다고 보고 되었다(7). 다른 항산화 성분들처럼 도토리 페놀산들이 각종 유지에 대해 항산화 작용을 나타낸다고 보고되고 있다(8). 기타 우리나라에서의 도토리에 대한 연구는 주로 목으로의 이용성에 중점을 두었으며, 도토리의 성분(9) 도토리 전분의 제조 및 도토리의 떫은 맛 성분인 tannin의 제거방법(10) 및 최근에는 지방대사와 항산화능에 관한 연구 등 도토리의 기능성에 대한 다양한 연구(11-14)와 도토리 다식의 특성 연구(15), 도토리 화분 발아조건에 의한 식품유해균 억제효과(16) 및 국내산과 중국산의 도토리 가루성분 분석에 관한 연구(17) 등 다양한 연구가 이루어지고 있다.

그러나 여러 가지 기능식품의 개발에 필요한 도토리 추출물에 관한 연구기초 자료가 부족한 실정이다. 따라서 본 연구에서는 도토리의 이용과 가공에 앞서 전처리 추출조건에 따른 도토리의 항산화적 특성에 대하여 반응표면분석법으로 최적 추출조건을 설정 하였다.

재료 및 방법

재 료

본 실험에 사용된 도토리는 충남 서천군 관교면에 위치한 농민식품에서 2005년 가을에 수집된 것을 2006년 2월경에 공급받아 수세 후 건조하여 사용하였다.

일반성분 분석

도토리의 수분(105°C, 상압건조법) 및 회분(직접회화법) 함량은 AOAC법(18)에 준하여 측정하였고, 단백질은 자동 질소증류장치(J. P. Selecta. s. a. Co., Barcelona, Spain)를 지방은 용매자동회수 지방추출장치(J. P. Selecta. s. a. Co., Barcelona, Spain)를 사용하여 3회 반복 측정하였다.

추출 방법

도토리를 일정한 크기(50 mesh)로 분쇄한 후, 항온수조에서 진탕(100 rpm)하면서 각각의 추출조건에 따라 추출하였다.

추출조건 최적화를 위한 실험계획

추출조건 최적화를 위한 실험계획은 중심합성계획법(19)에 의하여 설계하였고, 반응표면 회귀분석(response surface methodology, RSM)을 위하여 statistical analysis system (SAS) program(20)을 사용하였다. 중심합성계획에서 독립변수(X_n)는 추출온도(30~70°C, X_1), 추출시간(1~5 hr, X_2) 및 열수 용매비(5~25 mL/g, X_3)이며 실험계획은 -2, -1, 0, 1, 2 다섯 단계로 부호화하여, 중심합성계획에 따라 Table 1과 같이 16구로 설정하여 추출실험을 하였다. 도토리 추출물의 항산화적 특성에 관련된 종속변수(Y_n)로

는 총페놀성 화합물 함량(Y_1), 전자공여능(Y_2), 항산화능 측정(Y_3) 및 아질산염소거능(Y_4)로 각각 나타내었다. 이때 세 가지의 추출조건에 따른 3차 회귀모형식은 아래와 같다.

$$Y = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + b_{11}X_1^2 + b_{22}X_2^2 + b_{33}X_3^2 + b_{12}X_1X_2 + b_{13}X_1X_3 + b_{23}X_2X_3$$

이때, Y는 추출한 도토리의 항산화적 특성, X_1 , X_2 및 X_3 는 추출조건, b_0 은 회귀계수이다.

Table 1. Level in extraction condition for acorn based in fractional factorial design

Extraction conditions	-2	-1	0	1	2
X_1 Extraction temp. (°C)	30	40	50	60	70
X_2 Extraction time (hr)	1	2	3	4	5
X_3 Solvent ratio (mL/g)	5	10	15	20	25

총 페놀성 화합물 함량 측정

각 추출물의 총 페놀성 화합물 함량은 Folin-Denis법(21)에 따라 비색 정량하였다. 즉, 추출액을 100배 희석한 검액 5 mL를 넣어 진탕하고 1 시간 실온에서 방치하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구는 검액 대신 증류수를 넣어 동일하게 처리한다. 이때 표준물질로는 tannic acid를 5~50 µg/mL의 농도로 조제하여 검량곡선의 작성에 사용하였다.

전자공여능 측정

시험용액의 전자공여능(electron donating ability, EDA) 시험은 α, α -diphenyl- β -picrylhydrazyl (DPPH)를 사용한 방법(22)으로 측정하였다. 즉, DPPH 시약 12 mg을 absolute ethanol 100 mL에 용해한 후 증류수 100 mL를 가하고 50% ethanol 용액을 대조구로 하여 517 nm에서 DPPH용액의 흡광도를 약 1.0으로 조정된 후 이 용액 4 mL를 취하여 시료 용액 1 mL와 혼합한 후 상온에서 10 분간 방치시킨 다음 517 nm에서 흡광도를 측정하여 시료 첨가구와 무첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 표시하여 전자공여능으로 하였다.

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

항산화능 측정

각 추출물의 항산화능은 rancimeter (Rancimat 679, Metrohm AG, Swiss)를 사용하여 측정하였으며(23), antioxidant index (AI)로 항산화능을 비교하였다. 이때 측정 조건은 온도 110°C, 공기공급량 20 L/hr, 유지(항산화제를

첨가하지 않은 대두유)사용량은 2.5 g로 측정하여 얻은 값을 표시하였다.

$$AI = \frac{\text{각추출물을첨가한실험구의유도기간}}{\text{무첨가구의유도기간}}$$

아질산염 소거능 측정

각 추출물의 아질산염 소거능 측정(24)은 1 mM NaNO₂ 용액 1 mL에 소정 농도의 시료를 첨가하고 여기에 0.1 N HCl (pH 1.2)과 0.2 M 구연산 완충액(pH 3.0, 4.2 및 6.0)을 사용하여 반응용액의 pH를 각각 1.0, 3.0, 4.2 및 6.0으로 조정하여 각 반응용액을 10 mL로 정용하였다. 각 반응용액은 37°C에서 1 시간 동안 반응시킨 후 1 mL를 취해 2% 초산 용액 5 mL를 첨가한 다음, Griess 시약(30% acetic acid로 각각 조제한 1% sulfanilic acid와 1% naphthylamine을 1:1비로 혼합한 것, 사용직전 조제) 0.4 mL를 가하여 잘 혼합시켜 실온에서 15 분간 방치시킨 분광광도계를 사용하여 520 nm에서 흡광도를 측정하여 아래 식에 의하여 아질산염 소거율을 구하였다.

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

N : 아질산염 소거율

A : 1 mM NaNO₂ 용액에 시료를 첨가하여 1시간 방치 후의 흡광도

B : NaNO₂ 용액의 흡광도

C : 시료자체의 흡광도

결과 및 고찰

일반성분

도토리의 일반성분 분석결과는 Table 2와 같으며, 수분 14.5%, 단백질 6.1%, 조지방 2.6% 및 회분 1.61%로 나타났고, 도토리에는 전분이 77.9%로 가장 많은 것으로 나타났다.

도토리 관련 연구들(7-9,12,25)의 일반성분의 분석 결과와 큰 차이가 없는 것으로 나타났다.

Table 2. Proximate analysis of acorn

(unit : %)				
Moisture	Crude protein	Crude fat	Crude ash	Carbohydrates
14.5±1.1	6.1±0.3	2.6±0.1	1.6±0.2	77.9±4.2

추출조건에 따른 추출물의 항산화적 특성 모니터링

중심합성계획법에 의한 16구간의 추출조건에 따른 추출 시험을 실시하고, 이때 얻어진 추출물에 대하여 총 페놀성 화합물 함량, 전자공여능, 항산화능 및 아질산염소거능은

Table 3에 나타내었다. 각각의 결과를 이용하여 반응표면 회귀분석을 실시하고 각 종속변수 즉, 총 페놀성 화합물 함량, 전자공여능, 항산화능 및 아질산염소거능에 대한 회귀식을 얻었다(Table 4).

Table 3. Experimental data on total phenol content, electron donating ability, antioxidant ability and nitrite-scavenging ability of acorn under different conditions based on central composite design for RSM

Exp. No.	Extraction conditions			Physicochemical properties			
	Temp. (°C)	Time (hrs)	Solvent (mL/g)	Total phenol content(mg%)	Electron donating ability(%)	Antioxidant ability(AI)	Nitrite-scavenging ability(%)
1	60(1)	4(1)	20(1)	200.69	88.76	1.64	79.03
2	60(1)	4(1)	10(-1)	161.91	88.88	1.62	70.07
3	60(1)	2(-1)	20(1)	173.46	88.06	1.55	76.16
4	60(1)	2(-1)	10(-1)	147.13	89.34	1.01	74.19
5	40(-1)	4(1)	20(1)	164.28	86.30	1.28	67.56
6	40(-1)	4(1)	10(-1)	103.01	87.35	1.58	53.05
7	40(-1)	2(-1)	10(-1)	132.28	86.89	1.55	57.35
8	40(-1)	2(-1)	10(-1)	133.66	86.89	1.55	57.24
9	50(0)	3(0)	15(0)	141.50	87.12	1.76	74.19
10	50(0)	3(0)	15(0)	142.72	87.24	1.76	74.19
11	70(2)	3(0)	15(0)	150.46	88.41	1.24	64.16
12	30(-2)	3(0)	15(0)	103.01	86.06	1.84	59.34
13	50(0)	5(2)	15(0)	147.70	87.83	1.68	75.63
14	50(0)	1(-2)	15(0)	141.18	86.70	1.40	74.37
15	50(0)	3(0)	25(2)	201.08	87.70	1.59	76.34
16	50(0)	3(0)	5(-2)	79.80	88.88	1.08	42.29

총 페놀성 화합물 함량의 변화

각각의 추출물에서 총 페놀성 화합물의 함량(Y₁)은 Table 3에 나타내었으며, 이들의 반응 표면은 Fig. 1에 나타내었고 회귀식은 Table 4와 같다. 총 페놀성 화합물 함량에 대한 추출물의 회귀식의 R²는 0.8707이고, 5% 이내의 유의수준에서 유의성이 인정되었다. 총 페놀성 화합물의 함량에 대한 추출조건의 영향은 용매비에 영향을 받고 있었으며, 추출시간 및 추출온도의 영향은 거의 없는 것으로 나타났다(Table 5). 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석을 한 결과, 최대값 212.37 mg%이었고, 이때의 추출조건은 추출온도 57.91°C, 추출시간 4.08 시간 및 용매비 22.39 mL/g이었다(Table 6).

페놀성 화합물은 주로 항암작용, 혈압강화작용, 간 보호작용, 진정작용 등의 기능이 알려져 있고 대표적인 항산화성 물질이라 알려져 있다(26). 또한 식물체에서는 색깔을 부여하고 산화환원 작용의 기질로 작용되어 향미생물 작용으로 식물자체를 보호하는 동시에 떫은 맛, 쓴맛 등 식물의 고유의 맛에 관여한다(27).

Table 4. Polynomial equations calculated by RSM program for extraction conditions of acorn

Response	Second order Polynomials	R ²	Significance
Total phenol content (mg%)	YTPC = 86.498750 + 2.702812X ₁ - 73.668125X ₂ + 5.015000X ₃ - 0.038438X ₁ ² + 1.039625X ₂ X ₁ + 0.582500X ₂ ² - 0.047550X ₃ X ₁ + 1.270500X ₃ X ₂ - 0.046700X ₃ ²	0.8707	0.0407*
Electron donating ability (%)	YEDA = 87.351154 + 0.076792X ₁ + 0.170449X ₂ - 0.552744X ₃ + 0.000137X ₁ ² - 0.009314X ₂ X ₁ + 0.021250X ₂ ² + 0.001421X ₃ X ₁ + 0.025705X ₃ X ₂ + 0.011100X ₃ ²	0.9031	0.0197*
Antioxidant ability (AI)	YAA = 0.925481 - 0.022688X ₁ - 0.014952X ₂ + 0.196885X ₃ - 0.000550X ₁ ² + 0.017279X ₂ X ₁ - 0.055000X ₂ ² + 0.000981X ₃ X ₁ - 0.032192X ₃ X ₂ - 0.004250X ₃ ²	0.9365	0.0058**
Nitrite-scavenging ability (%)	YNSA = -91.130481 + 3.899438X ₁ - 10.167548X ₂ + 8.819115X ₃ - 0.031400X ₁ ² + 0.157971X ₂ X ₁ + 0.172500X ₂ ² - 0.059731X ₃ X ₁ + 0.029692X ₃ X ₂ - 0.149950X ₃ ²	0.9054	0.0716

*Significant at 5% level ; **Significant at 1% level ; ***Significant at 0.1% level

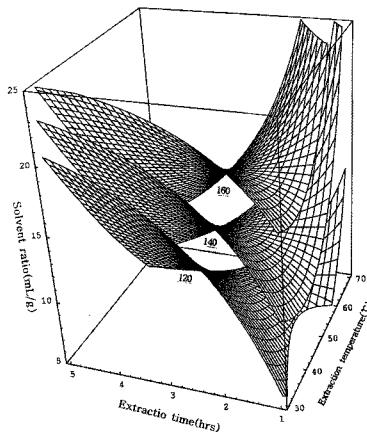


Fig. 1. Response surface for total phenol content of acorn at constant values (total phenol content : 120, 140, 160 mg%) as a function of extraction temperature, extraction time and solvent ratio.

Table 5. Regression analysis for regression model of total phenol content, electron donating ability, antioxidant ability and nitrite-scavenging ability in extraction conditions of acorn

Steaming conditions		F-Ratio			
		Total phenol content (mg%)	Electron donating ability (%)	Antioxidant ability (AI)	Nitrite-scavenging ability (%)
X ₁	Extraction temp. (°C)	2.59	10.61**	13.37**	4.24 [†]
X ₂	Extraction time (hr)	0.96	0.72	10.42**	0.26
X ₃	Solvent ratio (mL/g)	6.97*	3.14	14.40***	9.31**

[†]Significant at 5% level ; **Significant at 1% level ; ***Significant at 0.1% level.

전자공여능의 변화

전자공여능의 작용은 자유라디칼에 전자를 공여하여 식품의 지방 산화를 억제하고 인체내에서는 자유라디칼에 의한 노화를 억제시키는 작용으로 주로 이용되어진다(28).

특히 라디칼 소거작용은 인체의 질병과 노화방지에 대단히 중요한 역할을 한다(22).

추출조건에 따른 전자공여능(Y₂)을 Table 3에 나타내었으며, 결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 4에 나타내었다. 전자공여능에 대한 R²는 0.9031로 5% 이내의 유의성이 인정되었다. 전자공여능에 대한 추출조건에 대한 영향은 추출온도에서 1% 이내의 유의성을 보이면서 크게 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 추출시간과 용매비는 크게 영향을 미치지 않았다(Table 5). 전자공여능의 변화에 준하여 각각의 최적 조건을 구하고자 능선분석을 행하여 본 결과 Table 6과 같이 최대값 89.45%이었고, 이때의 요인 변수들의 값은 추출온도 60.37°C, 추출시간 2.85 시간 및 용매비 6.47 mL/g으로 나타났다. 이들 결과보다 더 낮은 온도, 더 긴 시간 및 더 높은 용매비에서는 상대적으로 전자공여능이 떨어지는 결과를 보여준 것이다. 전자공여능에 대한 4차원 반응표면은 Fig. 2와 같으며 추출온도가 높은 조건에서 반응값이 높은 것으로 나타났다.

Shim 등(12)은 도토리가루 추출물의 항산화 활성 측정에서 물 75%, 에탄올 50%, 메탄올 추출물이 비극성 용매 추출물보다 항산화 활성 높게 나타났고 그 중 물 추출물의 항산화 활성이 가장 높게 나타났다고 보고하였다.

Table 6. Predicted level of extraction conditions for the maximum responses of variables by the ridge analysis

Responses	X ₁ ¹⁾	X ₂ ²⁾	X ₃ ³⁾	Maximum	Morphology
Total phenol content(mg%)	57.91	4.08	22.39	212.37	saddle point
Electron donating ability(%)	60.37	2.85	6.47	89.45	saddle point
Antioxidant ability(AI)	37.11	1.67	18.84	2.09	saddle point
Nitrite-scavenging ability(%)	47.07	1.24	19.55	80.57	saddle point

* X₁¹⁾ : Extraction temp. (°C), X₂²⁾ : Extraction time (hr), X₃³⁾ : Solvent ratio (mL/g).

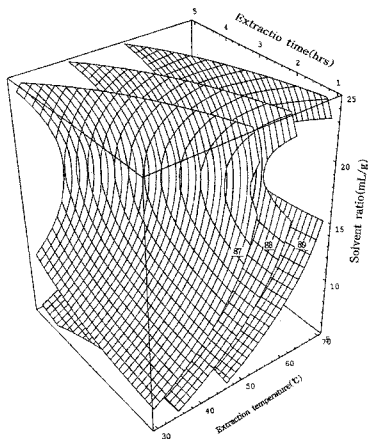


Fig. 2. Response surface for electron donating ability of acorn at constant values (electron donating ability : 87, 88, 89%) as a function of extraction temperature, extraction time and solvent ratio.

항산화능의 변화

추출조건에 따른 항산화능(Y_3)의 변화는 Table 3에 나타내었고, 결과에 대한 반응표면 회귀식은 Table 4와 같으며 항산화능에 대한 4차원 반응표면은 Fig. 3과 같다. 항산화능 변화에 대한 추출조건에 대한 영향은 Table 5와 같이 추출온도 및 추출시간은 1% 이내의 유의성이 인정되었고 용매비에 대해서는 0.1% 이내의 유의성이 인정되어 세 가지 조건 모두에 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다. 각 실험구에서 얻어진 항산화능에 대한 회귀식 R^2 는 0.9365로 1% 이내의 유의성이 인정되었다. 예측된 정상점은 안장점으로 능선분석한 결과 최대값은 2.09 AI로 예측되었고, 이때 최적추출조건은 추출온도 37.11°C, 추출시간 1.67 시간 및 용매비 18.84 mL/g이었다(Table 6).

아질산염 소거능의 변화

각 조건의 추출물에서 아질산염 소거능(Y_4)의 결과는 Table 3과 같고 반응표면에 대한 회귀식은 Table 4와 같다. 아질산염 소거능에 대한 추출물의 회귀식의 R^2 는 0.9054이고, 5%이내의 수준에서 유의성은 인정되지 않았다. 추출 후 아질산염 소거능의 변화는 용매비에 영향을 가장 크게 받으며, 다음으로 추출온도에 영향을 받는 것으로 나타났으며, 설정된 범위 내에서 추출시간에 대해서는 영향을 나타나지 않았다(Table 5). 최적 예측조건은 Table 6과와 같으며, 이때 예측된 정상점은 안장점으로 나타나 능선분석을 실시하였다. 아질산염 소거작용에 대한 추출물의 그 최대값은 80.57%로 나타났으며, 이때 추출온도 47.07°C, 추출시간 1.24시간 및 용매비 19.55 mL/g에서 가장 높은 효율을 나타내었다. 또한 아질산염 소거능에 대한 4차원 반응표면은 Fig. 4와 같다.

식물류의 아질산 소거능은 ascorbic acid, cystein, hydroquinone 및 nicotinamide adenine dinucleotide와 같은

환원성 물질을 아질산염과 반응시켜 일부 아질산염이 이들 물질에 의해 nitric acid (NO)로 전환된다고 알려져 있다(29).

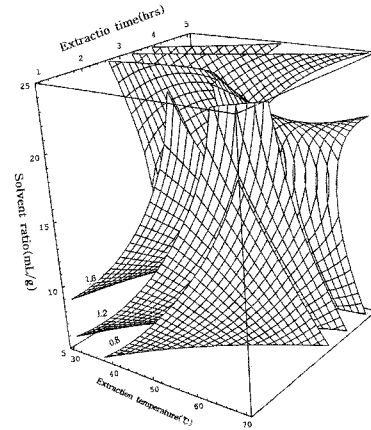


Fig. 3. Response surface for antioxidant ability of acorn at constant values (antioxidant ability : 0.8, 1.2, 1.6 AI) as a function of extraction temperature, extraction time and solvent ratio.

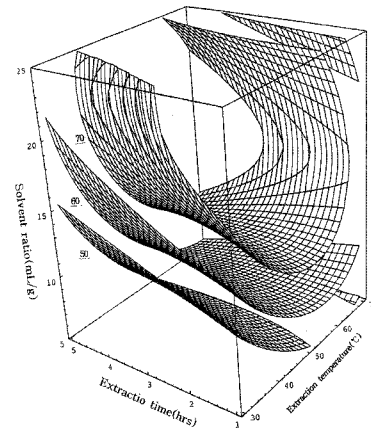


Fig. 4. Response surface for nitrite-scavenging ability of acorn at constant values (nitrite-scavenging ability : 50, 60, 70%) as a function of extraction temperature, extraction time and solvent ratio.

요 약

본 연구에서는 도토리를 이용한 기능 식품개발을 목적으로 한 연구의 일환으로 도토리의 항산화특성을 조사하기 위하여 추출온도 30~70°C, 추출시간 1~5 시간, 용매비 5~25 mL/g을 중심합성계획법으로 16개의 구간으로 하여 총페놀성 화합물의 함량, 전자공여능, 항산화능 및 아질산염소거작용 등을 반응표면분석법으로 모니터링하여 최적추출조건을 설정하였다. 실험 결과 총페놀성 화합물 함량은 추출온도 57.91°C, 추출시간 4.08 시간 및 시료에 대한 용매비 22.39 mL/g에서 최대값을 나타내었으며, 용매비에

영향을 받고 있으며, 추출시간 및 추출온도의 영향은 없는 것으로 나타났다. 전자공여능에 대해서는 추출온도 60.3 °C, 추출시간 2.85 시간 및 용매비 6.47 mL/g일 때 최대값을 나타내었으며, 항산화능에서는 최대값이 2.09 AI로 예측되었고, 이때 추출조건은 추출온도 37.11 °C, 추출시간 1.67 시간 및 용매비 18.84 mL/g이었으며 추출온도, 추출시간 및 용매비 모두에 대해 영향을 크게 받고 있는 것으로 나타났다. 아질산염소거능은 추출온도 47.07 °C, 추출시간 1.24 시간 및 용매비 19.55 mL/g에서 최대값을 나타내었다. 추출 후 아질산염소거능의 변화는 용매비에 영향을 가장 크게 받으며, 다음으로 추출온도에 영향을 받는 것으로 나타났으나 설정 범위내에서 추출시간에 대한 영향은 나타나지 않았다.

참고문헌

- Ahn, H.K., Kil, H.B., Yoo, H.E. and Oh, D.H. (1990) Effect of lipid contents on the physicochemical characteristics of acorn starch. J. Korean Agric. Chem. Soc., 33, 293-300
- Hill, A.F. (1937) Economic botany. In: A textbook of useful plants and plant products, McGraw-Hill Book Co. Inc., New York. p.592-593
- Jang, Y.S., Park, M.S., Kim, S.D., Park, H.K., Park, S.R. and Lee, J.H. (1976) An illustrated book of hardy plants. Honam Agricultural Research Institute, Han Byel Press, Seoul, p.57-57
- Yook, C.S. (1972) Modern herbal medicine. Komoonsa, Seoul. p184-184
- Kim, T.J. (1996) Korean Resources Plants I. Seoul National University Press, Seoul, p.107-107
- Kim, B.N. (1995) A study on the literature review of acorn in Korea. Korean J. Soc. Food Sci., 11, 158-163
- Lee, M.H., Jeong J.H. and Oh, M.J. (1992) Antioxidative activity of gallic acid in acorn extract. J. Korean Soc. Food Nutr., 21, 693-700
- Cho, M.J., Kwon, T.B. and Oh, S.K. (1989) Antioxidant effect of some phenolics on soybean oil. J. Korean Agric. Chem., 32, 37-43
- Kim, C.S. and Shin, E.T. (1975) Studies on the utilization of several varieties of acorn in Korea. Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng., 3, 17-22
- Park, J.Y. and Koo, S.J. (1984) A study on the tannin components and physical properties of acorn starch. Korean J. Nutr., 17, 41-49
- Yook, G.J., Lee, H.J. and Kim, M.K. (2002) Effect of chestnut and acorn on lipid metabolism antioxidative capacity and antithrombotic capacity in rats. Korean J. Nutr., 35, 171-182
- Shim, T.H., Kim, Y.S., Sa, J.H., Shin, I.C., Heo, S.I. and Wang, M.H. (2004) Studies for component analysis and antioxidative evaluation in acorn powders. Korean J. Food Sci. Technol., 36, 800-803
- Kang, M.H., Lee, J.H., Lee, J.S., Kim, J.H. and Chung, H.K. (2004) Effect of acorn supplementation on lipid profiles and antioxidant enzyme activity in high fat diet-induced obese rats. Korean. J. Nutr., 37, 169-175
- Lee, S.H., Kim, D.I., Cho, S.Y., Jung, H.J., Cho, S.M., Park, H.J. and Lillehoj, H.S. (2005) Effect of acorn (*Quercus acutissima* CARR.) supplementation on the level of acetylcholine and its related enzyme activities in the brain of dementia mouse model. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr., 34, 738-742
- Lee, M.Y. and Yoon, S.J. (2006) The quality properties of *dotoridasik* with added acorn powder. Korean J. Food Cookery Sci., 22, 849-854
- Choi, J.H., Yim, G.Y., Jang, S.Y. and Jeong, Y.J. (2007) Inhibition effect of the harmful food-borne microorganism on germination of acorn pollen. Korean J. Food Preserv., 14, 87-93
- Jung, M.J., Heo, S.I. and Wang, M. H. (2007) Comparative studies for component analysis in acorn powders from Korea and China. Kor. J. Pharmacogn., 38, 90-94
- A.O.A.C. (1995) Official methods of analysis. 16th ed., Association of official analytical chemists, Washington, D.C., Chapter 4, p7-18, Chapter 37, p4-7
- Wanasundara, P.K.J.P.D. and Shahidi, F. (1996) Optimization of hexametaphosphate-assisted extraction of flaxseed proteins using response surface methodology. J. Food Sci., 6, 604-607
- S.A.S (1998) SAS User's Guide. Statistics, Version 6.03. SAS Institute Inc, Cary, N.C.
- Amerine, M.A. and Ough, C.S. (1980) Methods for analysis of musts and wine. Wiley & Sons, New York, p176-180
- Blios, M.S. (1958) Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. Nature, 181, 1199-1200
- Lubli, M.W. and Bruttel, P.A. (1986) Determination of the oxidative stability of fats and oils. JAOCS, 63, 792-797
- Kato, H., Lee, I.E., Chnyen, N.V., Kim, S.B. and Hayase, F. (1987) Inhibition of nitrosamine formation by

- nondialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.*, 51, 1333-1338
25. Chae, S.K. and Yu, T.J. (1973) Studies on the hydrolysis of tannin in food by fungal tannase. *J. Food Sci. Technol.*, 5, 17-22
26. Giacosa, A. and Filiberti, R. (1996) Free radicals, oxidative damage and degenerative disease. *Eur. J. Cancer Prev.*, 5, 307-312
27. Kim, I.W., Shin, D.H. and Choi, U. (1999) Isolation of antioxidative components from the bark of *Rhus verniciflua* S. screened from some Chinese medicinal plants. *Korean J. Food. Sci. Technol.*, 31, 885-863
28. Lee, K.D, Chang, H.K. and Kim, H.K. (1997) Antioxidative and nitrite scavenging activities of edible mushrooms. *Korean J. Food Sci. Technol.*, 29, 432-436
29. Fox, J.B. and Ackerman, S.A. (1968) Formation of nitric oxide myoglobin; Mechanisms of the reaction with various reductants. *J. Food Sci.*, 33, 364-370

(접수 2007년 10월 30일, 채택 2007년 12월 28일)