

열처리한 국산 감초추출물의 항산화활성

우관식¹ · 황인국¹ · 노영희² · 정현상^{1*}

¹충북대학교 식품공학과

²건양대학교 미용학과

Antioxidant Activity of Heated Licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) Extracts in Korea

Koan Sik Woo¹, In Guk Hwang¹, Young-Hee Noh² and Heon-Sang Jeong^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Chungbuk National University, Cheongju 361-763, Korea

²Dept. of Beauty Industry, Konyang University, Nonsan 320-711, Korea

Abstract

Antioxidative activity and polyphenol contents of heated licorice in Korea extracted by ethyl-acetate (EtOAc) and ethyl-alcohol (EtOH) were evaluated at various heating temperatures (110, 120, 130, 140, and 150°C), times (1, 2, 3, 4, and 5 hr), and moisture contents (10, 20, 30, 40, and 50%). Maximum extraction yields of EtOAc extract was 10.9% at 130°C, 3 hr, and 50% moisture content and that of EtOH extract was 25.0% at 120°C, 2 hr, and 20% moisture content, whereas those of control were 0.8 and 15.8%, respectively. The highest total polyphenol content was 845.67 mg/100 g in EtOH extract at 120°C, 2 hr, and 20% moisture content (control: 277.00 mg/100 g). The antioxidative activity (IC₅₀) was the highest value of 0.53 mg/mL in EtOAc extract at 120°C, 2 hr, and 20% moisture content (control: 12.34 mg/mL). The highest ascorbic acid equivalent antioxidant activity value of 1,584 mg ascorbic acid (AA) eq was obtained from EtOAc extract at 120°C, 2 hr, and 40% moisture content (control: 1,263 mg AA eq). Optimum heating conditions for the improvement of antioxidative activity of licorice in Korea was 120°C, 2 hr, and 20~40% moisture content.

Key words: licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch), heat treatment, polyphenol, antioxidative activity

서 론

감초(Licorice, *Glycyrrhiza uralensis* Fisch)는 뿌리를 약재로 사용하고 맛이 달면서 독이 없고 따뜻한 기운을 가지고 있으며(1), 모든 중독의 해독제로 이용되고 진해거담제, 완화제 등으로 쓰이고 있으며, 근육이나 조직의 급격한 긴장에 의하여 생기는 통증을 풀어주는 작용, 체중의 증가, 백혈구의 증가, 이뇨작용, 항염작용 등이 알려져 있다(2). 감초의 단맛을 내는 성분인 glycyrrhizin(3)은 현재 감초의 지표성분으로서 2.0% 이상을 함유하도록 규정하고 있다. 이 밖에 주요한 성분으로 hispaglabridin A, hispaglabridin B, glabridin, 4'-O-methylglabridin, isoprenylchalcone derivative, isoliquiritigenin, formononetin 등이 있으며(4), 이 중에서 가장 많은 양을 차지하는 glabridin은 체내에서 인체에 해로운 LDL(low density lipoprotein)의 산화를 억제시키는 효과가 있다고 알려져 있다(5).

식품에 있어 열처리 가공은 일반적으로 저장수명을 연장하는데 적용하고 있다. 그러나 열처리 가공 중 영양소의 파

괴 및 활성물질 손실 등의 문제점들이 발생되어진다. 하지만 최근 연구에서는 식품을 열처리하는 동안 발생하는 다양한 화학적 변화에 의해 생리활성물질이 증가하고 기능성이 증가한다(6)는 연구결과가 나오는 등 식품의 열처리에 대한 새로운 조명이 시작되었다.

현재까지 고온고압처리와 유사한 열처리에 대한 연구는 홍삼에 관한 연구(7)가 보고되어있고, 본 연구팀은 중국산 감초(8), 마늘(9), 배(10), 인삼(11) 등의 시료를 고온고압처리하여 폴리페놀 및 플라보노이드 성분의 함량이 증가하고 항산화활성이 증가하는 보고한 바 있으며, 인삼을 고온고압처리하여 효능이 우수한 선삼을 개발한 연구(12)가 보고되었다. 또한 Dewanto 등(13)은 토마토를 열처리시 lycopene 함량 및 총 항산화활성이 유의적으로 증가한다고 보고하였고, 이밖에 표고버섯(6), sweet corn(14) 및 citrus peels(15) 등을 열처리시 polyphenol 함량 및 총 항산화활성이 증가한다고 보고한 바 있지만 다양한 식품에 첨가되고 있는 국산 감초의 열처리효과에 대한 연구는 찾아보기 어려운 실정이다.

*Corresponding author. E mail: hsjeong@chungbuk.ac.kr
Phone: 82 43 261 2570, Fax: 82 43 271 4412

따라서 본 연구에서는 여러 효능을 가진 국산 감초를 열처리함으로써 항산화관련 성분인 폴리페놀의 변화와 항산화활성의 변화를 구명하고 항산화활성이 강화된 우수한 국산 감초 가공품을 만들기 위한 열처리조건을 확립하고자 하였다.

재료 및 방법

공시재료

본 실험에 사용된 감초는 농촌진흥청 작물과학원에서 2003년 재배하여 수확한 후 건조한 것을 사용하였다. 감초는 계분기(SPM-140, Samsungpmc, Daegu, Korea)를 이용하여 마쇄한 후 밀봉하여 4°C에 냉장고에 저장하면서 시료로 사용하였으며, 시료의 수분함량은 3.3%이었다.

열처리 및 추출물제조

열처리는 분쇄한 감초 100 g을 온도(110, 120, 130, 140 및 150°C), 시간(1, 2, 3, 4 및 5시간) 및 수분첨가량(10, 20, 30, 40 및 50%)을 변화시키며 처리하였으며, 중심합성계획법(central composite design: CCD)에 의하여 Table 1과 같이 16개 실험구간으로 설정하였다. 열처리는 각각의 설정된 조건하에서 10 kg/cm² 이상의 압력에서도 견딜 수 있도록 고안·제작된 고온고압처리장치(Jisico, Seoul, Korea)로 처리하였다(8-11). 즉 수분함량이 조절된 시료를 밀폐형 내부용기에 넣은 후 일정량의 물이 첨가된 외부용기에 넣어 뚜껑을 밀봉한 다음 외부용기를 온도조절장치가 부착된 oil bath(JS Research Inc., Gongju, Korea)에 넣고, 온도상승으

로 발생한 수증기압에 의해 정해진 온도와 시간에 따라 가열함으로써 직접적인 열전달에 의한 시료의 탄화를 방지하도록 설계되었다. 각각의 조건에서 열처리된 시료를 에틸아세테이트와 에탄올을 이용하여 시료에 5배량의 용매를 가하고 1시간 동안 Ultrasonicator(SD-350H, Seongdong, Seoul, Korea)를 이용하여 초음파 추출법으로 3회 추출하였으며, 추출이 끝난 후 advantec 5C(Toyo Roshi Kaisha, Kotobuki, Japan) 여과지를 사용하여 여과한 후 농축하여 100 mL로 정용하여 시료로 사용하였다.

추출물 수율

각 조건에서 얻어진 추출물의 총수율은 3회 추출한 추출물을 하나의 수기로 모은 후, 회전진공농축기(Rotavapor R-114, Buchi Labortechnik, Flawil, Switzerland)를 이용하여 40°C에서 용매를 완전히 제거한 후 수기의 무게를 측정하여 원료 시료에 대한 건물량(%)으로 나타내었다.

총 폴리페놀 함량

열처리 조건에 따른 총 폴리페놀 함량의 변화를 살펴보기 위하여 Dewanto 등(13)의 방법에 따라 Folin-Ciocalteu reagent가 추출물의 폴리페놀성 화합물에 의해 환원된 결과 몰리브덴 청색으로 발색하는 것을 원료로 분석하였다. 즉, 각각의 열처리 조건에서 얻어진 추출물 100 µL에 2% Na₂CO₃ 용액 2 mL를 가한 후 3분간 방치하여 50% Folin-Ciocalteu reagent 100 µL를 가하였다. Na₂CO₃ 용액을 가한 30분 후 반응액의 흡광도 값을 750 nm에서 측정하였다. 표준물질로 tannic acid(Sigma-Aldrich, Saint Louis, Missouri, USA)를 사용하였다. 검량선을 작성한 후 총 폴리페놀 함량은 시료 g 중의 mg tannic acid로 나타내었다. 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

DPPH에 의한 전자공여능의 IC₅₀

열처리 조건에 따른 전자공여능(electron donating ability, EDA)의 변화는 Blois(16)의 방법을 변형하여 측정하였다. 즉, 시료 0.2 mL에 2 × 10⁻⁴ M DPPH(Sigma-Aldrich) 용액(99.9% ethanol에 용해) 0.8 mL를 가한 후, Vortex mixer로 10초간 진탕하고 30분 후에 분광광도계(Beckman Coulter, DU-650, Anaheim, California, USA)를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 흡광도를 측정할 때 셀에 분주되는 각 시료에 의한 흡광도의 차이는 ethanol만의 흡광도를 측정하여 보정해 주었고, 이때 전자공여능은 시료 첨가구와 비첨가구의 흡광도 차이를 백분율(%)로 구하였으며, 추출물의 EDA(%값을 50% 감소시키는 IC₅₀을 구하였고 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

총 항산화력

열처리 조건에 따른 총 항산화력은 ABTS cation decolorization assay 방법(13)에 의하여 측정하였다. 2,2'-Azino-bis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid)(ABTS,

Table 1. Values of independent variables and treatment conditions by the central composite experimental design

Variables	Level				
	2	1	0	1	2
Treatment temperature, °C (X ₁)	110	120	130	140	150
Treatment times, hr (X ₂)	1	2	3	4	5
Moisture contents, % (X ₃)	10	20	30	40	50

Treatment No	Code variables			Real variables		
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₁	X ₂	X ₃
1	2	0	0	110	3	30
2	1	1	1	120	2	20
3	1	1	+1	120	2	40
4	1	+1	1	120	4	20
5	1	+1	+1	120	4	40
6	0	2	0	130	1	30
7	0	0	2	130	3	10
8	0	0	0	130	3	30
9	0	0	0	130	3	30
10	0	0	+2	130	3	50
11	0	+2	0	130	5	30
12	+1	1	1	140	2	20
13	+1	1	+1	140	2	40
14	+1	+1	1	140	4	20
15	+1	+1	+1	140	4	40
16	+2	0	0	150	3	30

Sigma-Aldrich) 7.4 mM과 potassium persulphate 2.6 mM 을 하루 동안 암소에 방치하여 $ABTS \cdot^+$ 이온을 형성시킨 후 이 용액을 735 nm에서 흡광도 값이 1.4~1.5가 되도록 몰 흡광계수($\epsilon=3.6 \times 10^4 M^{-1}cm^{-1}$)를 이용하여 메탄올로 희석하였다. 희석된 $ABTS \cdot^+$ 용액 1 mL에 추출액 50 μ L를 가하여 흡광도의 변화를 정확히 30분 후에 측정하였으며, 표준 물질로서 L-ascorbic acid를 동량 첨가하였고 AEAC(ascorbic acid equivalent antioxidant activity)로 표현하였으며, 모든 실험은 3회 반복 측정하였다.

통계분석

각각의 열처리 조건에서 얻어진 결과에 대한 통계분석은 SAS(statistical analysis system) program을 이용하여 추출변수가 추출물의 수율 및 성분의 변화에 미치는 영향을 반응표면분석법(response surface methodology, RSM)으로 분석하였다.

결과 및 고찰

추출수율

열처리한 감초를 에틸아세테이트와 에탄올을 용매로 초음파 추출하여 수율을 구한 결과는 Table 2 및 Fig. 1과 같다. 무처리구에서 에틸아세테이트와 에탄올 추출물의 추출수율은 각각 0.80 및 15.80%이었지만 열처리 조건별로 각각 2.30~10.90% 및 12.40~25.00% 범위로 대부분이 열처리가 높은 추출수율을 나타내었다. 이러한 현상은 열처리로 인하여 불용성 성분들이 가용성화 되었기 때문으로 생각된다. 에틸아세테이트 추출물의 경우 130°C, 3시간 및 가수량 50%로 처리한 처리구에서 10.90%로 추출수율이 가장 높게 나타났으며, 에탄올 추출물의 경우 120°C로 처리한 처리구에서 20.90~25.00%로 다른 처리구에 비해 높게 나타났다. 처리시간과 가수량은 처리온도에 비해 영향이 작게 나타났으며, 에틸아세테이트 추출물보다 에탄올 추출물

Table 2. Extraction yield, polyphenol, IC_{50} and AEAC of heated licorice extracts with various heat treatment conditions

Treatment No ¹⁾	Yield (%)		Polyphenol (mg/100 g)		IC_{50} (mg/mL)		AEAC (mg AA eq)	
	EtOAc E ²⁾	EtOH E ³⁾	EtOAc E	EtOH E	EtOAc E	EtOH E	EtOAc E	EtOH E
1	3.92±0.12	19.80±1.21	366.74±1.59	464.56±6.57	0.77±0.15	2.65±0.03	1,433±9.69	875±2.58
2	2.98±0.14	25.00±1.20	382.88±1.49	845.67±12.96	0.53±0.08	2.19±0.02	1,464±11.68	1,247±9.59
3	3.98±0.15	22.70±1.34	447.94±2.48	358.24±5.08	0.66±0.11	4.32±0.08	1,584±3.37	658±7.33
4	5.04±0.21	22.10±1.57	403.71±3.74	578.26±10.44	0.99±0.12	2.29±0.05	1,458±3.71	932±7.67
5	3.16±0.17	20.90±1.45	423.97±1.90	623.75±8.14	0.55±0.14	1.78±0.18	1,462±9.03	970±9.74
6	3.72±0.16	17.60±1.62	463.91±3.98	545.80±10.05	2.22±2.88	2.09±0.02	1,559±5.05	923±10.96
7	2.30±0.11	14.40±1.15	288.66±2.69	562.80±9.37	2.41±3.12	1.65±0.02	1,136±7.55	896±3.62
8	4.36±0.20	15.00±1.41	405.73±3.03	614.63±11.27	0.79±0.09	1.54±0.02	1,241±6.10	975±5.74
9	4.04±0.21	17.00±1.16	404.31±4.50	626.80±4.89	3.14±4.08	1.53±0.02	1,246±16.44	985±13.88
10	10.90±0.45	19.60±1.24	482.72±1.41	532.01±6.40	3.73±4.84	2.33±0.03	1,512±13.56	877±5.39
11	5.78±0.22	15.70±1.51	466.36±2.98	764.26±7.55	1.23±0.13	1.29±0.03	1,428±12.58	1,185±9.29
12	5.76±0.23	14.30±1.62	484.24±2.50	774.99±4.40	1.09±0.16	1.12±0.06	1,434±11.49	1,063±9.50
13	3.86±0.21	13.20±1.24	442.88±2.13	704.96±3.51	0.81±0.15	1.24±0.04	1,478±16.92	1,026±10.19
14	3.38±0.16	12.40±1.28	405.27±3.05	744.95±2.60	0.84±0.13	1.07±0.05	1,330±21.56	1,048±10.68
15	4.74±0.18	18.20±1.31	445.93±4.15	839.98±4.88	0.96±0.16	1.26±0.02	1,445±16.58	1,232±9.18
16	4.66±0.17	21.00±1.22	402.51±2.24	656.91±8.74	1.02±0.14	2.12±0.05	1,285±12.17	881±1.79
Untreated	0.80±0.07	15.80±1.35	278.90±12.6	277.00±2.49	12.34±1.23	4.23±0.36	1,263±22.69	657±7.32

¹⁾Abbreviations are same as Table 1. ²⁾EtOAc E: ethyl acetate extracts. ³⁾EtOH E: ethanol extracts.

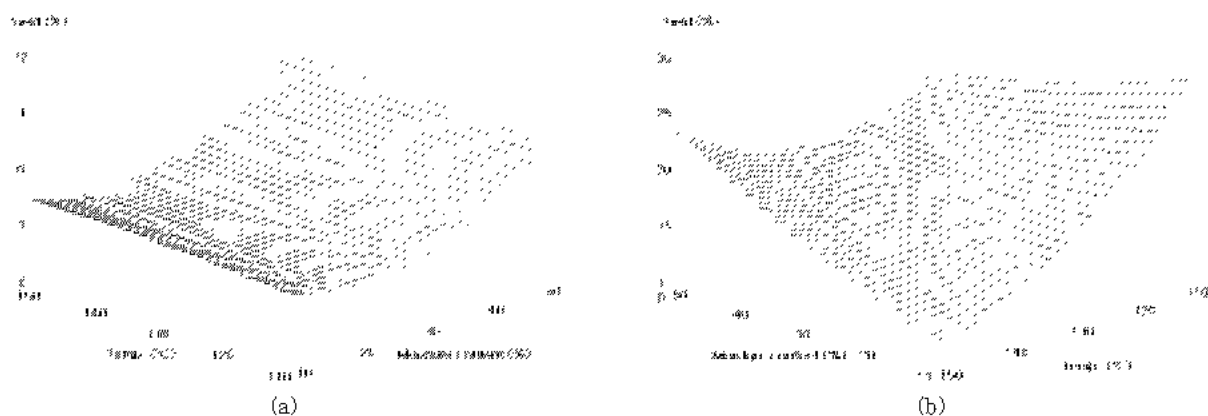


Fig. 1. Effects of temperature and moisture contents on the extraction yield of heated licorice.
(a) Ethyl-acetate extracts, (b) Ethanol extracts.

의 수율이 더 높게 나타났는데, 이는 당이나 색소 등 여러 가지 에탄올 가용성 성분들이 많이 용출되었기 때문이라 생각된다.

열처리 감초의 에틸아세테이트 추출물의 추출수율은 가수량(F-value 6.43)에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났고($p < 0.001$) 처리온도나 시간보다 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났으며, 처리온도(F-value 0.06)와 시간(F-value 0.66)에 대해서는 비교적 영향이 적은 것으로 나타났다. 에탄올 추출물의 추출수율은 처리온도(F-value 8.09)에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났고($p < 0.001$), 시간이나 가수량보다 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났으며, 처리시간(F-value 1.56)과 가수량(F-value 2.26)의 효과에 대해서는 유의성이 없는 것으로 나타났다(Table 3). 추출수율(Y)에 대한 온도(X_1), 시간(X_2) 및 가수량(X_3) 간의 관계를 반응표면분석을 실시한 결과 다음과 같은 관계가 있었다.

$$Y_{\text{yield}}(\text{EtOAc}) - 3.78 + 4.33X_3 + 0.60X_3^2 \quad (R^2 - 0.4520)$$

$$Y_{\text{yield}}(\text{EtOH}) - 16.54 - 1.89X_1 + 1.10X_1^2 \quad (R^2 - 0.5136)$$

총 폴리페놀 함량

총 폴리페놀 화합물 함량의 변화를 분석한 결과는 Table 2 및 Fig. 2에서 보는 바와 같이 열처리 후 추출물의 총 폴리페놀 함량은 무처리구보다 높게 나타났다. 특히 130°C와 140°C의 온도로 처리한 처리구에서 높은 함량을 보였으며, 에틸아세테이트 추출물보다는 에탄올 추출물이 더 많은 함량을 나타내었다. 에탄올 추출물에 대한 결과를 살펴보면 120°C, 2시간 및 가수량 20% 처리구와 140°C, 4시간 및 가수량 40% 처리구의 총폴리페놀 함량은 각각 845.67 및 839.98 mg/100 g으로 무처리구의 277.00 mg/100 g보다 많은 함량을 나타내었다. 이와 같이 총 폴리페놀 함량이 증가한 것은 조직과 결합되어 있던 폴리페놀 성분이 고온고압처리로 인하여 조직과의 결합이 파괴되어 추출이 잘 이루어졌기 때문으로 생각되며, 정확한 변화는 향후 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다. 또한 감초에는 고분자의 페놀성 화합물이 다량 존재하는데(5) 고온고압처리로 인하여 고분자의 페놀성 화합물이 파괴되어 저분자의 페놀성 화합물로 전환되어 총 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 생각된다(6,17).

열처리 감초의 에틸아세테이트 추출물의 총 폴리페놀 함

Table 3. Analysis of variance for extraction yield, polyphenol, IC₅₀ and AEAC of heated licorice extracts

Factor	df	EtOAc E ¹⁾		EtOH E ²⁾		
		Sum of squares	F value	Sum of squares	F value	
Yield	Temperature (°C)	4	5.97	0.06	277.12	8.09***
	Time (hr)	4	6.57	0.66	53.55	1.56
	Moisture contents (%)	4	64.07	6.43***	77.45	2.26
Polyphenol	Temperature (°C)	4	12,876	4.09**	303,549	14.16***
	Time (hr)	4	14,377	4.57**	247,613	11.55***
	Moisture contents (%)	4	46,316	14.73***	325,608	15.19***
IC ₅₀	Temperature (°C)	4	0.52	5.66**	13.85	18.13***
	Time (hr)	4	0.61	6.56***	7.87	10.30***
	Moisture contents (%)	4	0.03	0.33	5.76	7.55***
AEAC	Temperature (°C)	4	102,506	5.29**	289,466	11.94***
	Time (hr)	4	239,963	12.39***	395,275	16.30***
	Moisture contents (%)	4	220,629	11.39***	514,999	21.24***

¹⁾EtOAc-E: Ethyl-acetate extracts. ²⁾EtOH-E: Ethanol extracts. * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$.

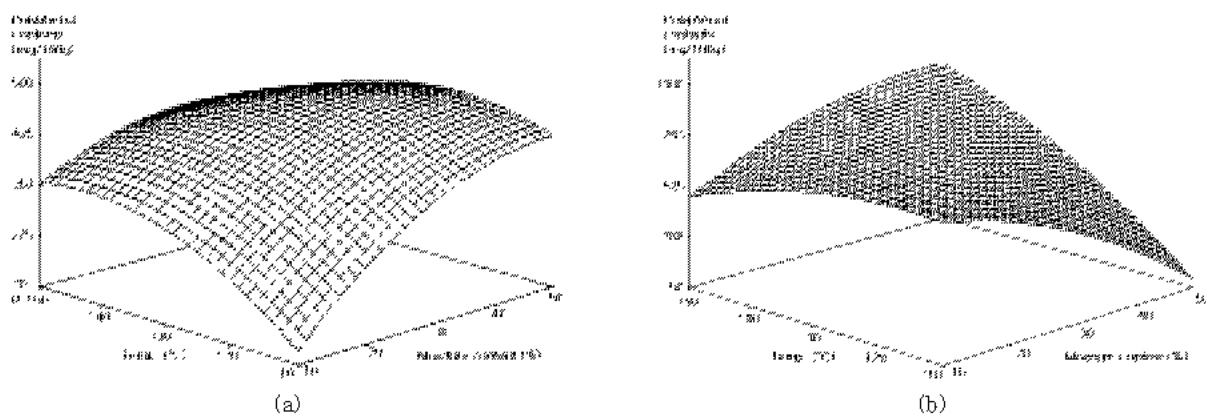


Fig. 2. Effects of temperature and moisture contents on the polyphenol contents of heated licorice extracts.
(a) Ethyl-acetate extracts, (b) Ethanol extracts.

량은 처리온도(p<0.01), 시간(p<0.01) 및 가수량(p<0.001)에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났고 가수량의 영향이 가장 큰 것으로 나타났으며, 처리온도, 시간 및 가수량에 대한 효과를 나타내는 F-value는 각각 4.09, 4.57 및 14.73으로 가수량이 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 에탄올 추출물의 총 폴리페놀 함량 역시 온도와 시간, 가수량에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났고 (p<0.001) 처리온도와 시간, 가수량의 F-value는 각각 14.16 및 11.55, 15.19로 나타났다(Table 3). 폴리페놀 함량(Y)에 대한 온도(X₁), 시간(X₂) 및 가수량(X₃) 간의 관계를 반응표면분석을 실시한 결과 다음과 같은 관계가 있었다.

$$Y_{\text{polyphenol}}(\text{EtOAc}) = 414.76 + 11.96X_1 + 29.55X_3 + 15.03X_2^2 \quad (R^2=0.7303)$$

$$Y_{\text{polyphenol}}(\text{EtOH}) = 664.84 + 65.42X_1 + 33.94X_2 - 29.72X_3 + 58.74X_1X_3 + 87.62X_2X_3 \quad (R^2=0.7530)$$

DPPH assay에 의한 항산화활성(IC₅₀)

DPPH free radical을 이용하여 측정한 처리조건별 감초추출물의 전자공여능을 IC₅₀값으로 나타낸 결과는 Table 2 및 Fig. 3과 같다. 대조구로 사용한 BHT의 IC₅₀값은 0.14 mg/mL이었으며, 120°C로 열처리한 후 에틸아세테이트 추출하였을 때 0.53~0.99 mg/mL로 비교적 높은 항산화효과가 있는 것으로 나타났으며, 130°C, 3시간, 30% 처리구에서도 0.79 mg/mL로 무처리구의 12.34 mg/mL에 비해 항산화활성이 증가한 것으로 나타났다. 에탄올 추출물의 경우 모든 처리구에서 에틸아세테이트 추출물보다 낮은 값을 나타내었으며, 무처리구와 비교하였을 때 130°C와 140°C로 열처리한 처리구에서 무처리구의 4.23 mg/mL보다 낮은 값인 1.07~2.33 mg/mL 범위를 나타내었다. 이상의 결과를 종합해보면 감초를 열처리를 할 경우 항산화효과를 내는 화합물들이 무처리에 비하여 많이 생성된 것으로 생각된다. 또한 Choi 등(6)과 Turkmen 등(17)의 연구에서 식물체에 열처리를 할 경우 결합형의 폴리페놀 성분은 유리형으로 되어 활성

이 증가한다고 보고한 것과 같이, 감초를 열처리할 경우 유리형의 폴리페놀 화합물이 증가하여 항산화효과가 증가하였을 것으로 생각되며, 열처리로 인해 조직과 강하게 결합되어 있던 감초의 유효성분이 유리형으로 전환되어 항산화효과가 증가되었을 것으로 생각된다. 이는 구성성분의 변화 및 성분의 동정, 각각의 성분 효능 등의 연구가 차후 필요할 것으로 생각된다.

열처리 감초의 에틸아세테이트 추출물의 항산화활성(IC₅₀)은 처리온도(p<0.01)와 시간(p<0.001)에 의해 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났다. 이들의 영향을 나타내는 F-value는 각각 5.66, 6.56 및 0.33으로 열처리 온도가 시간이나 가수량보다 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났다(Table 3). 에탄올 추출물은 온도, 시간 및 가수량에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며(p<0.001), 이들의 영향을 나타내는 F-value는 각각 18.13, 10.30 및 7.55로 온도가 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났다. 항산화활성(IC₅₀, Y)에 대한 온도(X₁), 시간(X₂) 및 가수량(X₃) 간의 관계를 반응표면분석을 실시한 결과 다음과 같은 관계가 있었다.

$$Y_{\text{IC}_{50}}(\text{EtOAc}) = 0.7681 + 0.0915X_1 + 0.0999X_2 \quad (R^2=0.5478)$$

$$Y_{\text{IC}_{50}}(\text{EtOH}) = 1.5369 - 0.4308X_1 - 0.2538X_2 + 0.2046X_3 + 0.2117X_1^2 + 0.3017X_1X_2 - 0.3242X_2X_3 \quad (R^2=0.7505)$$

ABTS·⁺ decolorization assay에 의한 총 항산화력

ABTS·⁺ cation decolorization assay 방법에 의한 AEAC (ascorbic acid equivalent antioxidant activity)를 측정한 결과 Table 2 및 Fig. 4와 같이 거의 모든 처리구에서 무처리보다 총 항산화력이 증가하였다. 열처리 감초의 에틸아세테이트 추출물의 경우 120°C, 2시간 및 가수량 40% 처리구에서 1,584 mg AA eq로 무처리의 1,263 mg AA eq보다 증가하였으며, 130°C, 1시간 및 가수량 30%와 130°C, 3시간 및 가수량 50% 처리구에서도 각각 1,559 및 1,512 mg AA eq로 무처리구보다 총 항산화력이 증가하였다. 에탄올 추출물의 경우

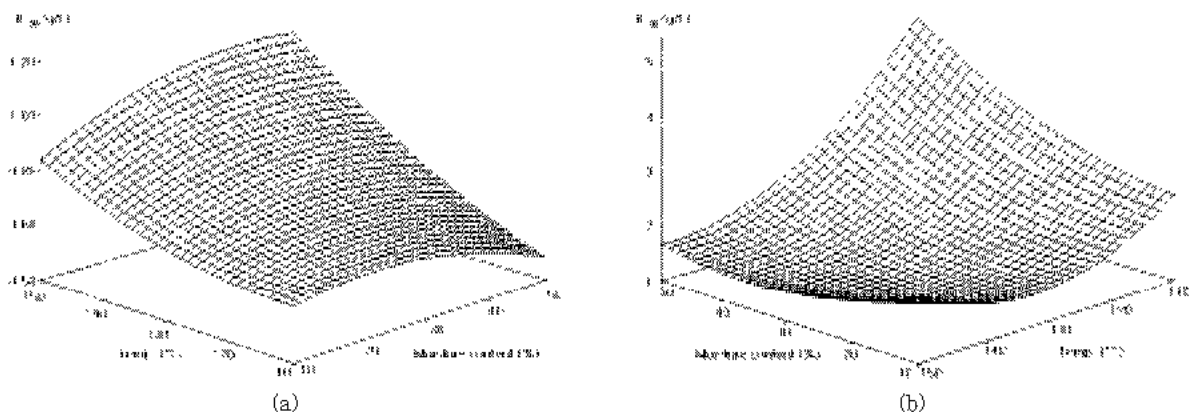


Fig. 3. Effects of temperature and moisture contents on the IC₅₀ by DPPH of heated licorice extracts. (a) Ethyl-acetate extracts, (b) Ethanol extracts.

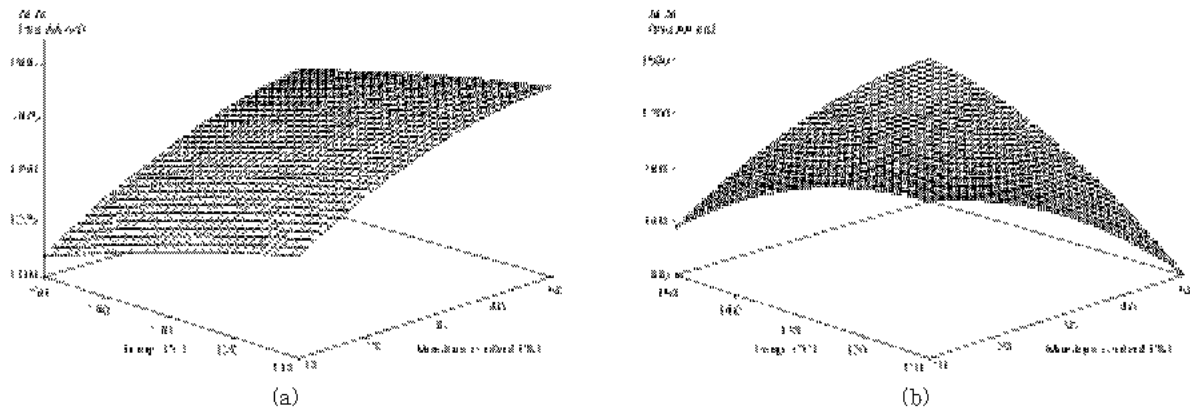


Fig. 4. Effects of temperature and moisture contents on the AEAC by ABTS·⁺ decolorization assay of heated licorice extracts. (a) Ethyl-acetate extracts, (b) Ethanol extracts.

에틸아세테이트 추출물보다 낮은 총 항산화력을 나타내었지만 120°C, 2시간 및 가수량 20%로 처리한 처리구에서 AEAC 값은 1,247 mg AA eq로 무처리구의 657 mg AA eq보다 증가하였다. 또한 130°C, 5시간 및 가수량 30%와 140°C, 4시간 및 가수량 40% 처리구에서도 각각 1,185 및 1,232 mg AA eq로 무처리구보다 높은 총 항산화력을 나타내었다. 이는 폴리페놀 화합물의 증가나 항산화활성의 증가 등과 같이 고온고압처리로 인하여 감초의 구성성분의 변화로 ABTS·⁺에 의한 AEAC값이 증가하는 것으로 판단된다 (6).

열처리 감초의 에틸아세테이트 추출물의 AEAC값은 처리온도($p < 0.01$), 시간($p < 0.001$) 및 가수량($p < 0.001$)에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며, 이들의 영향을 나타내는 F-value는 각각 5.29, 12.39 및 11.39로 시간과 가수량이 온도보다 더 많은 영향을 주는 것으로 나타났다 (Table 3). 에탄올 추출물의 경우는 함량은 온도, 시간 및 가수량에 의하여 유의적으로 영향을 받는 것으로 나타났으며($p < 0.001$), F-value는 각각 11.94, 16.30 및 21.24로 가수량이 가장 큰 영향을 미치고 그 다음으로는 시간, 온도 순이었다. AEAC값(Y)에 대한 온도(X_1), 시간(X_2) 및 가수량(X_3) 간의 관계를 반응표면분석을 실시한 결과 다음과 같은 관계가 있었다.

$$Y_{\text{AEAC}}(\text{EtOAc}) = 1295.01 - 36.01X_1 - 32.91X_2 + 64.57X_3 + 28.79X_1^2 + 62.45X_2^2 + 20.05X_3^2$$

$$(R^2 = 0.7535)$$

$$Y_{\text{AEAC}}(\text{EtOH}) = 1016.73 + 35.94X_1 + 44.45X_2 - 27.68X_3 - 23.42X_3^2 + 87.08X_1X_3 + 106.06X_2X_3$$

$$(R^2 = 0.7732)$$

요 약

국산 감초를 처리온도, 시간 및 첨가수분함량을 변수로 하여 열처리한 다음 에틸아세테이트와 에탄올로 추출하여

성분 및 생리활성 변화를 분석하고 반응표면분석으로 최적화 조건을 조사하였다. 에틸아세테이트 추출물의 추출수율은 130°C, 3시간, 가수량 50%일 때 10.90%로 무처리구의 0.80%보다 높았으며, 에탄올 추출물은 120°C, 2시간, 가수량 20%로 처리한 시료가 25.00%로 무처리구의 15.80%보다 높았다. 총 폴리페놀 함량은 열처리구가 무처리구보다 높았으며, 에탄올 추출물의 120°C, 2시간, 가수량 20% 처리구가 845.67 mg/100 g으로 무처리구의 277.00 mg/100 g보다 높았다. 항산화활성(IC₅₀)은 열처리구가 무처리구보다 높게 나타났으며, 에틸아세테이트 추출물 120°C, 2시간, 가수량 20% 처리구에서 0.53 g/L로 무처리구의 12.34 g/L보다 매우 높게 나타났다. 총항산화력(AEAC)은 모든 처리구에서 무처리구보다 높게 나타났는데 에틸아세테이트 추출물 120°C, 2시간, 가수량 40% 처리구에서 1,584 mg AA eq로 무처리구의 1,263 mg AA eq보다 높게 나타났다. 본 연구결과와 감초의 항산화활성, 총 폴리페놀 함량 등을 증가시키기 위한 최적의 열처리 조건은 120°C, 2시간, 가수량 20~40%로 판단되었다.

문 헌

- Kang MH, Park CG, Cha MS, Seong NS, Chung HK, Lee JB. 2001. Component characteristics of each extract prepared by different extract methods from by products of *Glycyrrhizia uralensis*. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 30: 138-142.
- Shibata S, Inoue H, Iwata S, Ma RD, Yu LJ, Ueyama U, Takayasu J, Hasegawa T, Tokyda H, Nishino A. 1991. Inhibitory effect of licochalcone A isolated from *Glycyrrhiza inflata* root on inflammatory ear edema and promotion in mice. *J Planta Med* 57: 221-224.
- Hanato T, Aga Y, Shintani Y, Ito H, Okuda T, Yoshida T. 2000. Minor flavonoids from licorice. *Phytochemistry* 55: 959-963.
- Vaya J, Belinky PA, Aviram M. 1997. Antioxidant constituents from licorice roots: isolation, structure elucidation and antioxidative capacity toward LDL oxidation. *Free Radic Biol Med* 23: 302-313.
- Ishikawa S, Kato M, Tokuda T, Momoi H, Sekijima Y,

- Higuchi M, Yanagisawa N. 1999. Licence induced hypokalemic myopathy and hypokalemic renal tubular damage in anorexia nervosa. *Int J Eat Disord* 26: 111-114.
6. Choi Y, Lee SM, Chun J, Lee HB, Lee J. 2006. Influence of heat treatment on the antioxidant activities and polyphenolic compounds of Shiitake (*Lentinus edodes*) mushroom. *Food Chem* 99: 381-387.
 7. Kim MR, Kim IH, Shim JH. 2005. The analysis of volatile components of fresh ginseng, red ginseng and white ginseng by solvent free solid injector (SFSD) techniques. *Korean J Environ Agr* 24: 164-168.
 8. Woo KS, Jang KI, Kim KY, Lee HB, Jeong HS. 2006. Antioxidative activity of heat treated licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch) extracts. *Korean J Food Sci Technol* 38: 355-360.
 9. Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. 2006. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 331-336.
 10. Hwang IG, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Yang MH, Jeong HS. 2006. Change of physicochemical characteristics of Korean pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai) juice with heat treatment conditions. *Korean J Food Sci Technol* 38: 342-347.
 11. Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee J, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
 12. Park JH. 2004. Sun ginseng a new processed ginseng with fortified activity. *Food Ind Nutr* 9: 23-27.
 13. Dewanto V, Wu X, Adom KK, Liu RH. 2002. Thermal processing enhances the nutritional value of tomatoes by increasing total antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 3010-3014.
 14. Dewanto V, Xianzhong W, Liu RH. 2002. Processed sweet corn has higher antioxidant activity. *J Agric Food Chem* 50: 4959-4964.
 15. Jeong SM, Kim SY, Kim DR, Jo SC, Nam KC, Ahn DU, Lee SC. 2004. Effect of heat treatment on the antioxidant activity of extracts from citrus peels. *J Agric Food Chem* 52: 3389-3393.
 16. Blois MS. 1958. Antioxidant determinations by the use of a stable free radical. *Nature* 26: 1199-1203.
 17. Turkmen N, Sari F, Velioglu YS. 2005. The effect of cooking methods total phenolics and antioxidant activity of selected green vegetables. *Food Chem* 93: 713-718.

(2007년 3월 2일 접수; 2007년 5월 11일 채택)