

압출성형 백삼추출물의 화학적 조성 및 항산화 활성

손현정 · 류기형[†]
공주대학교 식품공학과

Chemical Compositions and Antioxidant Activity of Extract from a Extruded White Ginseng

Hyun-Jung Son and Gi-Hyung Ryu[†]

Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Chungnam 340-802, Korea

Abstract

Chemical components and antioxidative activities of white ginseng, red ginseng and extruded white ginseng (EWG) were evaluated. Extrusion condition was 20% moisture content, 100 and 140°C barrel temperature. The results showed that total sugar and acidic polysaccharide contents of white ginseng powder were increased after extrusion treatment of which EWG at 140°C barrel temperature had higher value than EWG at 100°C barrel temperature. Free radical scavenging activity of EWG at 140°C barrel temperature was 80.2 and 45.6% respectively. The butanol fraction of polyphenolic compound and acidic polysaccharide were 27.2 ± 0.1 mg/g and 217.6 ± 0.7 mg/g, respectively. The ginsenosides were quantified by HPLC and the yield of ginsenoside-Rg3s and Rg3r were achieved by extrusion process.

Key words: antioxidative activities, extrusion, ginseng, ginsenoside

서 론

인삼은 오가피나무과(Arelliaceae) 인삼속(Panax)에 속하는 다년생 초본류로서 한방에서는 그 뿌리를 인삼(*Ginseng radix*)이라 하여 약용으로 사용되어 왔다(1,2). 인삼의 기능으로는 단백질과 핵산의 합성을 촉진시키고 조혈작용, 혈당강하, 간기능 회복 및 항진, 콜레스테롤 흡수저하, 생체 내 지방 대사 촉진, 운동수행능력 증대, 항피로 작용, 면역력 증대, 항암 및 항산화 효과 등이 보고되었다(3-5).

인삼의 사포닌 성분은 담파란계 사포닌이라 일컫는 트리테라페노이드계 화합물로서 인삼속 식품에만 특유하게 함유되어 있는 성분이기 때문에 인삼의 주요 활성으로 주목되어 연구가 진행되어 왔다(6,7). 사포닌 성분의 화학적 구조가 규명된 이후부터 인삼의 화학적 성분에 대한 연구가 본격적으로 수행되어 다당체 성분, 폴리아세틸렌계 성분, 페놀계 화합물, 정유 성분, 펩티드, 알칼로이드, 비타민 등의 성분 분석 결과가 보고되었다(8).

압출성형 공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위조작이 단시간에 일어나므로 다른 열처리 가공공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다(9). 국내에서 압출성형을 이용하여 식물 세포벽의 구조를 변화시켜 물성을 개

선하고 천연 생고분자 식품소재를 생산하고자 한 연구는 곡류, 사과박, 해조류를 대상으로 시작되었다(10). 현재 압출성형 공정을 이용한 기술은 식품가공 생산에 널리 적용되고 있으나 대부분이 곡류가공에 적용되는 경우이며, 인삼을 이용한 압출성형에 대한 연구는 Ryu와 Remon(11)이 발표한 압출성형 미삼 분말을 제조하여 수용성 성분의 추출수율과 추출물의 성분 분석에 관한 연구와 Han 등(12)에 의한 인삼 전분의 전처리로 압출성형 공정을 이용하였을 때 효소처리에 의한 전분의 액화와 당화율이 증가한다는 연구 결과 등이 발표되었지만 압출성형 공정을 통한 인삼의 기능성 증가에 대한 연구는 아직까지 미미한 실정이며 120°C 압출성형 백삼의 성분 증가에 대한 실험은 보고되어 있지만 140°C 압출성형 백삼에 대한 연구는 아직까지 알려지지 않고 있다.

따라서 본 연구는 온도에 따른 압출성형 백삼의 성분 증가 정도를 알아보고 홍삼화 최적온도의 새로운 확립을 위하여 실시하였으며 백삼과 홍삼을 대조구로 하여 일반적인 성분과 항산화 성분을 측정 비교 하였다. 또한 우수한 결과를 나타낸 140°C 압출성형 백삼에 대해서는 60% ethanol 추출 후 분획을 실시하여 항산화성 측정과 HPLC를 이용한 진세노사이드 조성 분석을 실시하였다.

[†]Corresponding author. E-mail: ghryu@kongju.ac.kr
Phone: 82-41-330-1484, Fax: 82-41-335-5944

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 인삼은 4년근 백삼분말(Dongjin Pharmacy Co., Gumsan-gun, Korea)과 4년근 홍삼분말(Dongjin Pharmacy Co.)을 사용하였다. 감마선조사(7 kGy)로 살균한 시료의 수분함량은 백삼분말이 8.70%, 홍삼분말이 6.50%로 측정되었다. 인삼 추출에 사용한 에탄올은 특급시약(Sam-chun Pure Chemical Co., Ltd., Pyeong-Taek, Korea)을 사용하였다.

백삼분말의 압출성형

압출성형 백삼의 제조에 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 쌍축압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery Co., Incheon, Korea)이며 압출성형기의 스크루 직경은 29.0 mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 25:1이며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 배럴온도에 따른 압출성형 백삼의 특성을 확인하기 위하여 수분함량 20%, 스크루 회전속도 200 rpm, 원료사입량 100 g/min, 사출구 직경 3.0 mm로 고정하고, 배럴온도는 100°C와 140°C로 달리하여 압출성형 하였다. 압출성형 백삼 시료는 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co., Bucheon, Korea) 50°C에서 6시간 건조하였으며, 건조된 시료는 가정용 분쇄기(FM-681, Hanil, Haman, Korea)로 분쇄한 다음, 35 mesh 표준체(Testing sieve, Chung-gye Sang-gong Co., Seoul, Korea)를 통과한 분말을 분석 시료로 이용하였다.

일반성분 분석

인삼분말의 일반성분 분석은 AOAC법(13)에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백은 semi-micro-kjeldahl법, 조회분은 직접회화법으로 정량하였다.

환원당

환원당 함량은 DNS법(14)으로 측정하였다. 인삼 분말 1 g을 증류수 50 mL에 녹여 35°C 30분간 진탕한 후 Whatman No. 1 여과지로 여과한 후 여액을 100 mL로 정용하여 시료액으로 사용하였다. 시료액 1 mL에 DNS 시약 3 mL을 가하여

98°C에서 5분간 반응시킨 후 15분간 얼음물에서 냉각시켰다. 반응액을 증류수를 가하여 25 mL로 정용한 후 UV/Vis-spectrophotometer(Libra S35, Biochrom Co., Cambridge, England)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당 함량의 검량선은 glucose를 이용하여 작성하였다.

총당

총당 함량은 phenol-H₂SO₄법(15)으로 측정하였다. 인삼 분말 2 g을 채취하여 70% ethanol 50 mL에 녹여 80°C에서 2시간 동안 환류냉각 추출하고, Whatman No. 2 여과지로 여과한 후 여액을 증류수 500 mL로 정용하여 시료액으로 사용하였다. 시료액 1 mL에 5% phenol solution 1 mL을 가한 후 진한 황산(98%, v/v) 5 mL를 가하여 상온에서 15분간 반응시켜 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총당 함량의 검량선은 glucose를 이용하여 작성하였다.

총페놀성 화합물

인삼 추출물의 총페놀성 화합물의 함량은 Folin-Ciocalteu 비색법(16)에 의하여 측정하였으며, gallic acid를 표준물질로 사용하였다. 0.5 mL의 추출물에 6.5 mL의 증류수, 0.5 mL의 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 첨가하여 3분간 반응시킨 후 1 mL의 Na₂CO₃과 증류수 1.5 mL을 첨가하여 암소에서 1시간 동안 반응시켜 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 725 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. Gallic acid의 다양한 농도(0~450 mg/mL)를 이용하여 작성한 검량선을 통해 페놀성 화합물을 계산하였다.

DPPH에 의한 전자공여능

추출물들의 전자공여능 또는 라디칼 제거능은 DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical)를 사용하여 Brand-Williams가 고안한 방법(17)을 이용하였다. 인삼분말을 60% ethanol로 추출하여 시료액으로 사용하였다. 1% 시료액 0.25 mL과 0.3 mM DPPH를 2.5 mL 첨가하여 10분간 상온에서 반응시킨 후 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH에 의한 radical-scavenging activity는 아래 식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{Scavenging activity (\%)} = \frac{\text{Abs}_{\text{blank}} - \text{Abs}_{\text{sample}}}{\text{Abs}_{\text{blank}}} \times 100$$

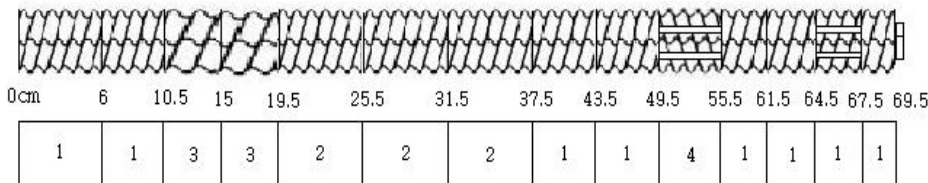


Fig. 1. Screw configuration for extruding white ginseng.

Ab_{Sblank}는 시료를 제외한 모든 시약을 넣고 대조구의 반응으로 측정된 흡광도 값이고, Ab_{Ssample}은 시료의 흡광도 값이다.

산성다당체

Carbazole-sulfuric acid 방법(18)을 이용하여 측정하였다. 인삼분말 1 g을 증류수 4 mL에 용해시켜 9000 rpm으로 10분간 원심분리 시켜 얻은 여액을 시료액으로 사용하였다. 시료액 0.5 mL에 carbazole-0.1% ethanol을 0.25 mL과 진한 황산 3 mL을 첨가하여 85°C 항온수조(Heating Bath B-490, Buchi, Flawil, Switzerland)에서 3분간 반응시키고 상온에서 15분간 반응시킨 후 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. 고려인삼의 산성다당체는 주로 galacturonic acid의 polymer로서 분자구조상 pectin과 유사한 물질(19)이므로 pectin 정량에 사용되는 carbazole-sulfuric acid 방법으로 측정하였으며 blank에는 carbazole 대신에 에탄올을 사용하였다.

추출물 제조 및 추출물의 분획

인삼 시료는 60% 에탄올을 사용하여 추출하였으며, 시료와 용매의 혼합비율은 1:8로 혼합한 뒤 24시간 동안 35°C의 항온수조(Heating Bath B-490, Buchi)에서 110 rpm으로 교반시켜 주었다. 인삼추출물은 Buchner 깔때기를 이용하여 여과지(Whatman No. 1)로 여과하고 용매는 감압 하에서 회전식농축기(R-200, Buchi)를 이용하여 35°C 이하에서 제거하였다. 140°C 압출성형 백삼의 60% EtOH 추출물을 *n*-butanol로 분획하여 총페놀성 화합물 함량과 산성다당체 함량을 측정하였다.

HPLC에 의한 사포닌 분석

BuOH 분획물을 5 mL HPLC용 메탄올로 녹인 후 0.45 µm 막필터로 여과하여 HPLC(Ultimate 3000 HPLC, Dionex, Muenchen, Germany)를 이용하여 사포닌 조성을 분석하였다. 이때 컬럼은 µ-Bondapak C18 칼럼(10 µm, 3.9×300 cm, Waters, Milford, MA, USA)을 이용하였으며, 검출기는 UV detector(203 nm)를 사용하였다. 이동상은 물(A)과 acetonitrile(B)의 gradient system을 사용하였다. 용출조건은 A를 기준으로 80%(10분), 68%(40분), 57%(50분), 20%(65분), 0%(70분)이며 이동상의 유속은 1.0 mL/min이었으며 시료 주입량은 20 µL, 분석은 35°C에서 이루어졌다. 사포닌 표준 물질로는 protopanaxadiol 타입의 Rb1, Rb2, Rc, Rd, Rg3s, Rg3r, Rh2s, Rh2r의 8종 protopanaxatriol 타입의 Re, Rf, Rg1, Rg2s, Rg2r, Rh1의 6종의 총 14종을 사용하였다.

결과 및 고찰

인삼의 일반성분

인삼의 성분 분석을 위하여 조지방과 조회분, 조단백을 측정하였다(Table 1). 조지방 함량은 홍삼이 1.34%로 가장

Table 1. Chemical properties of various ginsengs

(Unit: %)

Sample	Crude fat	Crude protein	Crude ash
WG	1.25±0.15	14.19±0.07	4.20±0.01
RG	1.34±0.21	12.13±0.11	4.75±0.05
EG(100°C)	0.23±0.01	14.67±0.10	4.33±0.01
EG(140°C)	0.21±0.01	13.70±0.28	4.01±0.01

WG: white ginseng, RG: red ginseng, EG (100°C): an extruded white ginseng at 100°C barrel temperature, EG (140°C): an extruded white ginseng at 140°C barrel temperature.

Table 2. Total sugar and reducing sugar of various ginsengs

(Unit: mg/mL)

Ginseng sample	Total sugar	Reducing sugar
WG	66.56±11.00	56.93±0.36
RG	165.89±16.44	130.10±2.90
EG (100°C)	78.43±2.96	48.63±1.55
EG (140°C)	86.46±9.53	46.63±0.99

Refer to Table 1.

높았으며 압출성형 백삼은 0.2%대로 낮은 조지방 함량을 나타내었다. 조단백질 함량은 12.13~14.67%, 조회분은 4.01~4.75%로 압출성형 공정을 통한 함량의 변화는 크게 나타나지 않았다.

총당과 환원당

백삼, 홍삼, 압출성형백삼의 총당과 환원당 함량은 Table 2와 같다. 총당 함량은 홍삼 165.89 mg/mL, 압출성형 백삼(배럴온도 140°C) 86.46 mg/mL, 압출성형 백삼(배럴온도 110°C) 78.43 mg/mL, 백삼 66.56 mg/mL로 홍삼이 가장 높았으며, 환원당 함량 또한 홍삼이 가장 높은 130.10 mg/mL, 백삼 56.93 mg/mL, 압출성형 백삼(배럴온도 100°C) 48.63 mg/mL, 압출성형 백삼(배럴온도 140°C) 46.63 mg/mL로 측정되었다. Kim 등(20)은 건조온도가 110~120°C 정도로 상승함에 따라 가용성 다당체 및 maltotriose가 증가한다고 보고하였다. 이는 백삼이 압출성형공정을 거치면서 높은 열과 압력에 의해 전분이 호화되고 사슬이 파괴되면서 다당체가 가용화되어 총당 함량이 증가한 것으로 사료된다. 반면에 높은 배럴온도에서 압출성형한 백삼이 낮은 환원당함량을 보이는 원인은 온도가 증가할수록 갈변화가 많이 진행되어 환원당의 감소에 의한 것으로 보인다(21).

총페놀성 화합물

식물에 널리 분포되어 있는 페놀성 물질은 phenolic hydroxyl 그룹 때문에 단백질 또는 효소 단백질, 기타 거대 분자들과 결합되어 있는 성질, 항산화효과, 2가 금속이온과의 결합력을 가진다. 또한 단백질과 결합하는 성질은 미생물 세포와 작용하여 성장저해를 유발하는 항균효과 등의 생리활성 기능을 가진다(22,23). 백삼, 홍삼, 압출성형 백삼의 총페놀성 화합물의 함량은 배럴온도 140°C일 때 총페놀성 화합물 함량이 14.99 mg/g으로 가장 높았으며 홍삼, 백삼, 배럴온도 100°C에서 압출성형한 백삼 순서로 측정되었다(Table

Table 3. The amount of total polyphenolic, DPPH, and acidic polysaccharide in compounds of ginsengs

Sample	Polyphenol (mg/g)	Acidic polysaccharide (mg/mL)	DPPH (%)
WG	2.58±0.13	26.26±1.99	21.75±4.29
RG	6.18±0.05	62.94±1.06	58.07±3.99
EG (100°C)	1.22±0.06	43.42±1.98	45.57±4.98
EG (140°C)	14.99±0.12	45.84±0.40	80.21±0.98

Refer to Table 1.

3). 이는 배럴온도가 증가할수록 고온, 고압에 의한 조직파괴로 인해 용출이 용이해지면서 140°C 압출성형 백삼의 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 여겨진다.

DPPH에 의한 전자공여능

백삼, 홍삼, 압출성형백삼의 DPPH에 의한 전자공여능 측정 결과 배럴온도 140°C에서 압출성형한 시료가 80.21%로 가장 높았으며 홍삼, 배럴온도 100°C 압출성형백삼, 백삼 순서였다(Table 3). 이는 Kim 등(24)이 DPPH를 이용한 항산화활성 검정모델 시험을 이용하여 수삼의 증삼온도 조건을 달리하여 제조된 인삼추출물의 유리기 소거활성을 조사한 결과 100°C, 110°C보다 고온 조건인 120°C에서 제조된 인삼에서 그 활성이 더욱 강하게 나타났다는 보고와 유사한 결과를 나타내었다.

Kang 등(25)에 의하면 DPPH 라디칼 소거활성 효과는 phenolic acids, flavonoids 및 기타 페놀성 화합물에 의한 항산화 작용이며, 이러한 물질의 환원력이 클수록 DPPH 라디칼 소거활성이 크다고 하였는데 본 실험에서도 배럴온도가 140°C인 압출성형백삼 시료가 총페놀성 화합물은 14.99 mg/g, DPPH에 의한 라디칼 소거능은 80.21%로 가장 높게 나타나 페놀성 화합물과 DPPH에 의한 전자공여능은 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났다.

산성다당체

백삼, 홍삼, 압출성형백삼의 산성다당체 함량은 홍삼이 62.94 mg/mL로 가장 높았으며 압출성형백삼, 백삼 순서였다(Table 3). 압출성형백삼은 배럴온도 140°C에서 45.84 mg/mL, 배럴온도 100°C에서 43.42 mg/mL로 총 폴리페놀 함량, DPPH의 전자공여능 측정과 마찬가지로 140°C에서 압출성형한 백삼의 산성다당체 함량이 높게 측정되었다. Okuda 등(26)에 의하면 산성다당체는 주로 인삼의 주근 부위에 많이 함유되어 있는데 홍삼이 주근 함량이 높기 때문에 산성다당체 함량이 높다고 보고하였다. 또한 본 실험에서

Table 4. The content of polyphenolic compound and acidic polysaccharide in BuOH fraction of an extruded white ginseng (140°C barrel temperature)

Constituent	Content
Polyphenolic compound (mg/g)	27.2±0.1
Acidic polysaccharide (mg/mL)	217.6±0.7

압출성형백삼이 백삼보다 산성다당체 함량이 증가한 이유는 압출성형 공정과정에서 고온, 고압에 의한 조직파괴로 인해 용출이 용이해지고, 세포벽과 같은 조직 파괴에 의한 것이라는 Ha와 Ryu(27)의 연구결과와 일치하였다.

BuOH 분획물의 총 폴리페놀성 화합물 및 산성다당체

항산화활성 측정 결과가 우수한 140°C 압출성형물의 조성 분석을 위하여 60% ethanol 추출물을 제조하여 용매에 따른 분획을 실시하였다. 농축액 50 g에 대한 용매에 따른 회수율은 *n*-butanol(1.17%), chloroform(0.12%), *n*-hexane(0.09%), ethylacetate(0.08%)의 순서로 회수율이 매우 저조하여 *n*-butanol 분획물에 대해서만 총페놀성 함량과 산성다당체 함량을 측정하였다. Folin-Ciocalteu 비색법에 의하여 측정된 *n*-butanol 분획물의 총페놀성 화합물의 함량과 carbozole-sulfuric acid 방법을 사용하여 측정된 산성다당체 함량은 Table 4와 같다. *n*-butanol 분획물 1 g당 총페놀성 화합물의 함량은 27.2 mg/g, 산성다당체 함량은 217.6 mg/mL으로 높은 산성다당체 함량을 나타냈다.

HPLC에 의한 사포닌 분석

BuOH 분획물의 항산화 활성 측정 결과에 따른 조성 분석을 위하여 HPLC에 의한 사포닌 분석을 실시하였다(Table 5). 인삼의 사포닌 조성은 분석 결과는 100°C 압출성형백삼은 protopanaxadiol계 사포닌인 Rb1, Rb2, Rc, Rd를 제외하고는 압출성형 공정을 거치지 않은 백삼 추출물과 함량 차이가 크게 나타나지 않았다. 그러나 140°C 압출성형 백삼은 protopanaxadiol계 사포닌과 protopanaxatriol계 사포닌 모두 증가하는 결과를 보였는데 특히 홍삼특유 성분인 Rg2s, Rg2r은 홍삼에서 각각 0.14, 0.05 mg/g이 검출된데 반하여 140°C 압출성형백삼에서는 6배 이상 증가한 0.91, 0.36 mg/g이 검출되었다. 그 외 Rg3s, Rg3r도 0.61, 0.30으로 4배 이상 증가하였음을 확인할 수 있었다.

요 약

본 연구는 압출성형 공정을 통한 인삼 시료의 성분 변화를

Table 5. The content of ginsenosides in BuOH fraction of an ginsengs (mg/g)

Sample	Rg1	Re	Rf	Rh1	Rg2s	Rg2r	Rb1	Rc	Rb2	Rd	Rg3s	Rg3r	Rh2s	Rh2r
WG	4.01	3.12	1.20	0.01	0.05	-	3.34	1.35	0.99	0.65	0.02	-	-	-
RG	2.39	2.42	0.73	0.03	0.14	0.05	6.76	2.01	1.73	1.19	0.14	0.08	-	-
EG (100°C)	4.23	3.69	1.18	0.02	0.04	-	5.86	2.16	1.69	1.45	0.03	0.01	-	-
EG (140°C)	8.38	6.10	3.23	0.34	0.91	0.36	12.97	3.95	3.56	4.38	0.61	0.30	-	-

Refer to Table 1.

측정하기 위하여 일반성분 및 항산화활성을 측정하였다. 수분함량을 20%로 고정시키고, 배럴온도는 100, 140°C로 변화시켜 압출성형백삼을 제조하였다. 백삼, 홍삼, 압출성형백삼의 일반성분 실험에서는 압출성형 공정을 통한 성분의 증가를 확인할 수 없었다. 항산화활성 측정 결과 산성다당체 함량은 홍삼이 62.94 mg/mL로 높게 측정되었고 총 폴리페놀 함량과 DPPH 측정에서는 140°C 압출성형백삼이 각각 14.99 mg/g, 80.21%로 높게 측정되어 압출성형 공정을 통한 항산화 물질의 증가를 확인할 수 있었다. 140°C 압출성형백삼의 조성 분석을 위하여 BuOH 분획을 실시한 결과 총페놀성 화합물과 산성다당체 측정 결과가 각각 27.2 mg/g, 217.6 mg/mL로 측정되었으며 HPLC를 통해 알아본 사포닌 조성은 140°C 압출성형백삼에서 모든 성분의 증가를 확인할 수 있었고 특히 홍삼의 특유성분인 Rg3s, Rg3r의 증가로 압출성형 공정을 통한 백삼의 홍삼화 가능성을 확인할 수 있었다.

문 헌

1. Korea Ginseng and Tobacco Research Institute. 1994. Korea ginseng: chap. 5. process of ginseng. Korea Ginseng and Tobacco Research Institute. p 43-62.
2. Cho JS, Kim YT. 1995. Understanding of Korean ginseng. The Society for Korean Ginseng, Seoul, Korea. p 35-54.
3. Lee SE, Lee SU, Bang JK, Yu YJ, Seong RS. 2004. Antioxidant activities of leaf, stem and root of *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J Med Crop Sci* 12: 237-242.
4. Jeon BH, Seong GS, Chan SG, Sung JH, Chang CC. 2005. Antioxidative effects of white ginseng and red ginseng on liver of high fat diet-treated mice. *J Ginseng Res* 29: 138-144.
5. Yun TK, Lee YS, Lee YH, Yun HY. 2001. Cancer chemopreventive compounds of red ginseng produced from *Panax ginseng* C.A. Meyer. *Korean J Med Crop Sci* 25: 107-111.
6. Kitagawa I. 1992. Chemical investigation of naturally occurring drug materials. Elucidation of scientific basis for traditional medicines and exploitation of new naturally occurring drugs. *Yakugaku Zasshi* 112: 1-41.
7. Kitagawa I, Yoshikawa M, Yoshihara M, Hayashi T, Taniyama T. 1983. Chemical studies of crude drugs (1), constituents of ginseng radix rubra. *Yakugaku Zasshi* 103: 612-622.
8. Kim KY, Shin JK, Yoon SR, Chung HS, Joong YJ, Choi MS, Lee CM, Moon KD, Kwon JH. 2007. Quality and functional properties of red ginseng prepared with different steaming time and drying methods. *Korean J Food Sci Technol* 39: 494-499.
9. Harper JM. 1989. Food extruders and their application. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. AACC, St. Poul, MN. p 1-18.
10. Kim CT, Kim JT, Hwang JK, Hong SI, Cho SJ. 1994. Development of processing technology of under utilized food resources by extrusion. Research Report E1293-0532, Korea Food Research Institute.
11. Ryu GH, Remon JP. 2004. Extraction yield of extruded ginseng and granulation of its extracts by cold extrusion-spheronization. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 899-904.
12. Han JY, Kim MH, Jin T, Budiasih WS, Ryu GH. 2006. Extrusion of ginseng root in twin screw extruder: Pretreatment for hydrolysis and saccharification of ginseng extrudate. *J Food Sci Nutr* 11: 318-322.
13. AOAC. 1990. *Official Methods of Analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington DC. p 8-35.
14. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
15. Dubois M, Gillers KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal Chem* 28: 350-352.
16. Slinkard K, Singleton VL. 1977. Total phenol analyses: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 28: 49-55.
17. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Leb Wiss u Tech* 28: 25-30.
18. Bitter T, Muir HM. 1962. A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal Biochem* 4: 330-334.
19. Lee SD, Okuda H, Hwang WI. 1990. Inhibitory effect of crude acidic polysaccharide of Korean ginseng on lipolytic action of toxohormone-L form cancerous ascites fluid. *Korea J Ginseng Sci* 14: 10-13.
20. Kim HJ, Jo JS, Nam SH, Park SH, Mheen KC. 1983. Free sugar distribution in ginseng plant and change of its content in the root by dehydration. *Korean J Ginseng Sci* 7: 44-50.
21. Han JY, Ghung KH, Ryu GH. 2008. Comparison of physicochemical properties and release characteristics of extruded tissue cultured mountain ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 37: 1018-1024.
22. Lee JH, Lee SR. 1994. Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. *Korean J Food Sci Technol* 26: 317-323.
23. Shin SJ, Kwon SK, Lee KH, Sung ND, Choi WY. 1994. Extraction and characterization of antibacterial components from the roots of evening primrose (*Oenothera odorata* Jacquin). *J Agric Sci* 21: 54-59.
24. Kim WY, Kim JM, Han SB, Lee SK, Kim ND, Park MK. 2000. Steaming of ginseng at high temperature enhances biological activity. *J Nat Prod* 63: 1702-1704.
25. Kang YH, Park YK, Oh SR, Moon KD. 1995. Studies on the physiological functionality of pine needle and mugwort extracts. *Korea J Food Sci Technol* 27: 978-984.
26. Okuda T, Yoshioka Y, Ikekawa T, Chihara G, Nishioka K. 1972. Anticomplementary activity of antitumour polysaccharides. *Nat New Biol* 238: 59-60.
27. Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 247-254.

(2009년 4월 17일 접수; 2009년 6월 22일 채택)