

사출구 온도와 반복 압출성형이 백삼압출성형물의 화학적 조성 및 항산화 활성에 미치는 영향

최관형 · 계 영 · 류기형[†]

공주대학교 식품공학과

Effects of Die Temperature and Repeated Extrusion on Chemical Components and Antioxidant Properties of Extruded White Ginseng

Kwan-Hyung Choi, Ying Gui, and Gi-Hyung Ryu[†]

Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Chungnam 340-800, Korea

ABSTRACT This study investigated the effects of die temperature and repeated extrusion on the chemical components and antioxidant properties of extruded white ginseng (EWG). Die temperature was adjusted to 100, 120, and followed by repeated extrusion under the same conditions with corresponding samples. Secondary extruded white ginseng (SEWG) at a die temperature of 120°C had the highest acidic polysaccharide content of all extrudates. Increasing die temperature and repeated extrusion both increased crude saponin content of the extrudate. Ginsenoside Rh1 was detected in the EWG (140°C) and SEWGs, whereas ginsenosides Rg3s and Rg3r were only detected in SEWG (140°C). The highest total phenolic content, DPPH radical scavenging activity, and reducing power obtained from SEWG (140°C) were 8.55±0.03 mg/g, 72.05±0.63%, and 0.80±0.004, respectively. In conclusion, repeated extrusion increases antioxidant activity and crude saponin contents for the development of improved ginseng products.

Key words: repeated extrusion, extruded white ginseng, ginsenosides, antioxidant activity

서 론

인삼은 우리나라를 비롯하여 동양에서 건강증진 기능을 가진 전통적인 약재로 이용되고 있는 대표적인 식물로서 가공형태에 따라 원형이 유지되는 1차 가공형태인 백삼, 홍삼, 태극삼 등이 있다(1). 백삼의 효능으로는 항암기능, 노화방지, 당뇨병 개선, 위궤양 예방 등에 효과가 보고되었으며(2), 단백질과 핵산의 합성 촉진, 조혈작용, 간기능 회복 및 항진, 콜레스테롤 흡수 저하, 생체 내 지방대사 촉진, 면역력 증대, 항산화 효과 등도 보고되었다(3,4).

전통적인 홍삼의 제조공정방법으로는 수삼을 세척, 선별, 증자, 1차 건조, 저장숙성, 2차 건조, 정형을 거친다. 또한 국내에서 대량으로 생산되는 홍삼은 원료검사, 저장, 세삼, 배열, 증삼, 1차 건조, 치미, 2차 건조, 검사, 정형, 1차 선별, 2차 선별, 검사, 지별 선별, 작근, 습접 압착, 재건조, 검사, 입상, 포장 등의 방법을 거친다.

건조방법에 따라 열풍건조, 동결건조, 원적외선건조별 홍삼의 품질 및 기능성분 특성을 보고하였다(5). 진세노사이드의 경우는 동결건조와 원적외선건조가 열풍건조보다 높게 나타났으며, 산성다당체와 항산화 활성은 열풍건조의 경우

가 높게 나타났다. 전통적인 홍삼제조공정에서 핵심단위공정인 가열처리, 증자와 건조가 압출성형공정을 통해 연속적으로 진행된다는 점에 고안하여 Ryu(6)는 압출성형공정을 홍삼화에 응용할 경우 홍삼화와 함께 인삼 세포벽의 과열에 의한 세포벽의 수용화, 세포벽 내부 유효성분의 침출속도 증가, 이온 교환력의 향상, 유효성분의 확산속도 증가 등의 효과를 보고하였다.

압출성형공정은 독립변수인 수분함량, 스크루 회전속도, 배럴 온도, 시료투입량, 사출구 크기 및 모양 등의 변화에 따라 종속변수인 압력, 점도, 비기계적 에너지 등을 제어하여 목적하는 제품을 다양한 특성의 제품으로 생산할 수 있으며(7), 압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형 등의 단위 조작이 짧은 시간에 일어나는 효율적인 공정이다.

또한 홍삼·백삼 및 압출성형 건조수삼의 성분특성의 연구(8)에서는 압출성형수삼은 홍삼의 성분과 유사한 결과를 나타내었으며, 압출성형공정변수의 변화를 통해 홍삼에 포함된 홍삼특유 사포닌인 Rg3가 측정되었다고 하였다. 압출성형백삼의 이화학적 성질과 당화특성에 대한 연구(9)에서는 압출성형 시 조사포닌 함량이 증가하였으며, 갈색도와 적색도는 배럴온도가 증가하고 수분함량이 감소할수록 증가하였으며 수분용해지수 역시 증가하였다고 보고하였다.

압출성형을 통한 백삼 추출물의 화학적 조성 및 항산화 활성에 대한 연구(10)는 140°C 압출성형백삼에서 총 페놀

Received 26 September 2013; Accepted 31 October 2013

[†]Corresponding author.

E-mail: ghryu@kongju.ac.kr, Phone: +82-41-330-1484

함량, DPPH 라디칼 소거능, HPLC를 통해 알아본 사포닌 조성의 증가를 확인할 수 있었고 특히 홍삼의 특유성분인 Rg3s, Rg3r의 증가로 압출성형 공정을 통한 백삼의 홍삼화 공정을 확인할 수 있었다. 백삼, 홍삼, 압출성형백삼의 발효적성과 발효액의 특성을 비교하는 연구(11)에서는 인삼의 발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 페이스트 점도, 수분용해지수와 수분흡착지수, 알코올 발효액의 특성을 비교한 결과 백삼분말과 압출성형백삼분말이 홍삼분말에 비하여 최고점도가 높았고, 최저점도는 백삼분말이 가장 낮았다. 또한 인삼을 14일간 알코올 발효를 시켰을 때 pH는 홍삼발효액 4.03 압출성형발효액 3.24, 백삼 발효액 3.12의 순서로 측정되어 압출성형을 통하여 인삼발효제품 및 소재의 개발 가능성을 확인할 수 있었다.

지금까지의 연구결과, 백삼압출성형의 화학적 조성 및 항산화 활성은 스크루 회전속도, 시료 투입량과 수분함량보다 온도의 영향이 높고 1회 압출성형보다 반복 압출성형에서 고온, 고압, 전단력 때문에 더 많은 조직의 파괴로 화학적 변화가 높게 나타날 것으로 사료되어 사출구 온도와 반복 압출성형에 따른 백삼압출성형물의 일반성분과 환원당, 총당, 산성다당체, 조사포닌, 진세노사이드 등의 화학적 조성 과 총페놀성 화합물, DPPH 라디칼 소거능, 환원력 등의 항산화 활성의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 백삼분말과 홍삼분말은 5년근으로 동명인삼(Dongmyung Ginseng Co., Seoul, Korea)에서 구매하여 사용하였으며, 수분함량은 각각 8.81±0.01%, 10.50±0.08%로 측정되었다. 추출에 사용된 에탄올은 특급시약(Samchun Pure Chemical Co., LTD., Pyeong-Taek, Korea)을 사용하였으며 부탄올, 에테르, DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical), ninhydrin, γ-globulin, H₂SO₄, galacturonic acid, gallic acid 등은 1급 분석 시약을 사용하였다.

압출성형

백삼압출성형은 실험용 쌍축 압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery Co., Incheon, Korea)를 사용하였으

며 압출성형기의 스크루 직경은 30.0 mm이며 길이와 직경의 비(L/D ratio)는 23:1이고 사출구는 원형으로 직경이 3 mm인 것을 사용하였으며, 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 수분함량 20%, 스크루 회전속도 200 rpm, 원료투입량 100 g/min으로 고정하고 사출구 온도는 100°C, 120°C, 140°C로 압출성형한 후 같은 조건으로 반복 압출성형 하였다. 백삼압출성형물 시료는 열풍건조기(DS-FCPO250, DongSeo Sci. Co., Seoul, Korea)에서 50°C, 6시간 동안 건조하였으며, 건조된 압출성형물은 가정용 분쇄기(FM-681, Hani, Haman, Korea)로 분쇄한 다음, 50 mesh 표준체(Testing sieve, Chung-gye Sang-gong Co., Seoul, Korea)를 통과한 분말을 시료로 사용하여 화학적 특성과 항산화 활성을 분석하였다.

일반성분

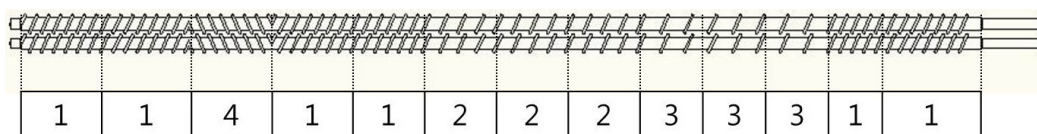
압출성형 시료의 일반성분 분석은 AOAC법(12)에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조회분은 직접회화법으로 정량하였다.

단백질

단백질 정량은 ninhydrin법(13)으로 측정하였다. 시료 0.5 g에 3.5 mL의 6 N HCl을 첨가한 후 100°C에서 24시간 동안 가열하고 20 mL의 증류수를 첨가하였다. 3,000 rpm에서 30분 동안 원심분리 하여 0.15 mL의 추출액에 5 mL의 ninhydrin 시약을 넣고 100°C 물에 10분 동안 반응시키며 분광광도계를 사용하여 575 nm에서 측정하였다. 표준곡선은 γ-globulin을 사용하여 측정하였다.

환원당

환원당 함량은 DNS법(14)으로 측정하였다. 시료 0.1 g에 증류수 9 mL를 첨가하여 35°C에서 30분간 진탕한 다음 여과지(Whatman No. 1, Whatman Inc., Florham Park, NJ, USA)로 여과한 후 시료액으로 사용하였다. 시료액 1 mL에 DNS시약 3 mL를 가하여 100°C에서 5분 동안 반응시킨 후 15분간 얼음물에서 냉각시켰다. 반응액을 증류수로 25 mL 정용한 후 분광광도계(Libra S35, Biochrom Co., Cambridge, UK)를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당 함량의 표준곡선은 포도당을 사용하여 작성하였다.



- 1. 1/2 Pitch screw 3. Forward paddle L/D ratio 23:1
- 2. 2/3 Pitch screw 4. Reverse screw element Ø : 3.0 cm

Fig. 1. Screw configuration for extruding white ginseng (model THK 31T).

총당

총당은 phenol-H₂SO₄법(15)을 변형하여 측정하였다. 시료 0.1 g에 10 mL의 70% 에탄올을 첨가하여 항온수조(BF-45SB, Biofree Co., Seoul, Korea)에서 80°C, 2시간 동안 교반하여 시료의 추출물을 여과지(Whatman No. 1)로 여과한 후 1 mL 추출물에 5% phenol 1 mL와 H₂SO₄ 5 mL를 첨가한 다음 15분 동안 상온에서 방치한 후 분광광도계를 사용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 총당의 표준곡선으로는 포도당을 사용하여 작성하였다.

산성다당체

산성다당체는 3-phenylphenol법(16)으로 측정하였다. 추출물 0.1 g에 10 mL의 증류수를 첨가한 다음 초고속 원심분리기를 이용하여 7,000 rpm에서 15분 동안 원심분리한 후 여과지(Whatman No. 1)로 여과한 다음 사용하였다. 추출물 1 g에 5 mL의 0.0125 M sodium tetraborate/H₂SO₄를 첨가한 후 항온수조에서 100°C, 5분 동안 가열하고 15분 동안 냉각시켰다. 1 mL의 0.15% 3-phenylphenol/0.5% NaOH를 첨가한 후 분광광도계를 이용하여 520 nm에서 측정하였다. 표준곡선은 galacturonic acid를 이용하여 0~100 µg/g으로 측정하였다.

항산화 활성

백삼, 홍삼, 백삼의 압출성형물의 추출은 시료 0.5 g에 80% 에탄올 10 mL를 첨가한 후 항온수조에서 30°C, 2시간 동안 100 rpm으로 교반시켜 여과지(Whatman No. 1)로 여과한 후 남은 고형물에 80% 에탄올 10 mL를 첨가하고 30°C에서 12시간 동안 항온수조에서 100 rpm으로 교반 후 여과하여 총 페놀성 화합물과 DPPH 라디칼 소거능, 환원력을 측정하는데 사용하였다.

추출물의 총 페놀성 함량은 Folin-Ciocalteu 비색법(17)으로 측정하였다. 0.1 mL 추출물에 1.5 mL Folin-Ciocalteu phenol reagent 2 N(10배 희석)과 1.5 mL 10% Na₂CO₃ 첨가한 후 60분 동안 상온, 암실에서 반응시켰다. 분광광도계를 사용하여 765 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. 총 페놀성 화합물 함량의 계산에 사용한 표준곡선은 gallic acid를 이용하여 0~0.5 mg/g에서 측정하였다.

추출물의 라디칼 소거능은 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical)를 사용하여 Brand-Williams가 고안한 방법(18)을 사용하였다. 0.5 mL 추출물에 3 mL 0.1 mM DPPH 용액을 첨가한 후 40분 동안 상온 암실에서 반응시킨 후 분광광도계를 사용하여 517 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. DPPH에 의한 라디칼 소거능은 다음의 식을 이용하여 계산하였다.

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

환원력은 Gulcin법(19)을 사용하여 측정하였다. 추출물 1 mL에 2.5 mL 0.2 M phosphate buffer(pH 6.6)와 2.5

mL의 1% potassium ferricyanide를 첨가한 후 항온수조에서 50°C, 20분간 교반시켜 2.5 mL의 10% trichloroacetic acid를 추가한 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Korea)에서 3,000 rpm, 10분간 원심분리하고 원심분리 한 추출물 1 mL에 증류수 2.5 mL와 0.5 mL 0.1% ferric chloride를 첨가한 후 10분간 상온에서 방치한 다음 분광광도계를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다.

조사포닌

조사포닌 함량은 Namba 등(20)과 Ando 등(21)의 수포화부탄올 추출법에 준하여 측정하였다. 5 g의 시료에 50 mL의 수포화 부탄올을 첨가한 후 1시간 동안 80°C의 항온수조에서 100 rpm으로 교반시킨 후 여과지(Whatman No. 4)로 여과하고, 다시 고형물에 50 mL를 첨가하는 조작을 2회 더 반복하여 추출액을 만들었다. 증류수 50 mL를 가하여 분액깔때기에서 흔들어 방치시킨 후 상층액과 하층액이 완전히 분리되면 하층액을 버리고 다시 증류수 50 mL를 첨가하는 조작을 2회 더 반복한 후 상층액을 회수하여 감압농축 하고 농축물에 다시 에틸에테르 50 mL를 가하여 46°C에서 30분 동안 환류냉각추출 하였다. 에틸에테르를 감압농축 하고 105°C에서 1시간 동안 건조시킨 후 조사포닌 함량을 측정하였다.

진세노사이드

진세노사이드 측정에 UPLC(Acquity UPLC System; Waters, Milford, MA, USA)를 사용하였다. UPLC는 두 가지의 용매전달 시스템, 자동 시료주입기, 조정 가능한 UV 검출기 및 Acquity UPLC BEH C₁₈ 칼럼(1.7 µm, 2.1×100 mm) 등을 갖추고 있다. 0.5 g의 시료를 넣고 50% 메탄올 10 mL를 첨가하고 초음파 세척기(SD-200H, Sungdong, Seoul, Korea)에 넣고 30분 동안 초음파 추출하였다. 추출이 완료된 후 원심분리기에 3,000 rpm으로 10분간 원심분리한 다음 상층액을 취한 후 3 mL를 0.2 µm 주사기용 필터를 사용하여 여과한 후 이를 시험용액으로 사용하였다. 용매로 A는 증류수, B는 아세토니트릴을 사용하였고, UPLC 용출 조건은 0~0.5분, A-B(85:15 v/v); 0.5~14.5분, A-B(70:30 v/v); 14.5~15.5분, A-B(68:32 v/v); 15.5~16.5분, A-B(60:40 v/v); 16.5~20분, A-B(45:55 v/v); 20~22분, A-B(10:90); 22~27분 A-B(85:15 v/v)이고 유량은 0.6 mL/min, 칼럼의 온도는 40±2°C였다.

통계처리

본 논문에서 결과의 통계처리는 SPSS(Ver 12.0K, SPSS Inc., Chicago, IL, USA)를 이용한 Duncan's multiple range test로 사후분석 후 유의성을 검정하였다.

Table 1. Chemical properties of extruded white ginsengs

(unit: %)

| Sample ¹⁾ | Die temp. (°C) | Moisture content | Crude ash | Crude fat | Protein |
|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| WG | — | 8.81±0.01 ^{d2)} | 4.36±0.10 ^b | 1.05±0.03 ^a | 13.38±0.02 ^b |
| EWG | 100 | 9.11±0.01 ^c | 4.41±0.01 ^{ab} | 0.22±0.01 ^b | 13.16±0.03 ^c |
| | 120 | 6.61±0.14 ^f | 4.35±0.06 ^b | 0.23±0.01 ^b | 12.42±0.05 ^e |
| | 140 | 6.91±0.01 ^e | 4.28±0.06 ^b | 0.24±0.01 ^b | 12.34±0.03 ^f |
| SEWG | 100 | 9.99±0.05 ^b | 4.39±0.07 ^b | 0.26±0.004 ^b | 13.19±0.01 ^c |
| | 120 | 9.16±0.16 ^c | 4.30±0.02 ^b | 0.26±0.01 ^b | 12.64±0.03 ^d |
| | 140 | 9.35±0.08 ^c | 4.38±0.02 ^b | 0.27±0.001 ^b | 12.67±0.02 ^d |
| RG | — | 10.50±0.08 ^a | 4.56±0.02 ^a | 1.07±0.12 ^a | 13.56±0.01 ^a |

¹⁾WG: white ginseng, EWG: extruded white ginseng, SEWG: secondary extruded white ginseng, RG: red ginseng.²⁾Values with different superscripts in column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

결과 및 고찰

일반성분

백삼, 홍삼, 백삼압출성형물의 수분함량과 조지방, 조지방, 단백질 함량은 Table 1과 같다. 조지방 함량은 홍삼이 $1.07\pm 0.12\%$ 로 가장 높게 나타났으며, 백삼의 경우에는 $1.05\pm 0.03\%$ 로 홍삼과 차이는 없었으나, 압출성형 백삼의 경우에는 히수에 상관없이 0.2%대의 낮은 조지방 함량을 나타냈다. 단백질과 조지방의 측정은 각각 $12.34\pm 0.03\sim 13.56\pm 0.01\%$, $4.28\pm 0.06\sim 4.56\pm 0.02\%$ 로 압출성형 공정으로 인한 변화는 크게 나타나지 않았다.

환원당과 총당

환원당과 총당은 홍삼에서 각각 197.53 ± 1.21 mg/g, 302.46 ± 2.16 mg/g으로 측정되었으며 백삼은 각각 64.76 ± 0.06 mg/g, 187.12 ± 2.02 mg/g으로 측정되었다. 압출성형물 중 가장 높은 환원당은 사출구 온도 100°C에서 1회 압출성형물이 60.85 ± 0.34 mg/g으로 나타났으며 가장 큰 변화가 많이 진행된 사출구 온도 140°C에서 2회 압출성형물의 환원당이 47.83 ± 0.12 mg/g으로 가장 적게 측정되었다(Table 2). 백삼압출성형물의 환원당은 모두 감소하는 현상이 나타났는데 이는 온도가 증가함에 따라 갈변화가 많이 진행되어 환원당 감소에 영향을 준 것으로 보인다(22).

총당의 경우는 사출구 온도 100°C에서 1회 압출성형 조

건에서 가장 높은 233.01 ± 1.42 mg/g으로 측정되어 백삼의 시료보다 높게 나타났으며 사출구 온도 140°C에서의 압출성형물이 가장 낮게 측정되었다. 다른 압출성형물 역시 백삼보다는 높게 측정되었으나 온도와 압출성형 히트의 증가와 함께 총당량이 감소하는 경향을 보였다. 총당량의 증가는 압출성형과정에서 가열과 전단력이 작용하여 전분의 사슬이 절단되어 당의 함량이 증가한 것으로 판단된다.

산성다당체

백삼과 홍삼의 산성다당체는 각각 16.42 ± 0.38 , 50.41 ± 0.14 mg/g으로 측정되었고, 백삼압출성형물의 경우 사출구 온도 120°C에서 2회 압출성형 했을 때 41.10 ± 0.37 mg/g으로 가장 높게 나타났으며, 다른 백삼압출성형물의 경우에도 백삼보다 높게 측정되었다. 1회 압출성형물과 2회 압출성형물의 증가율을 비교해보면 최소 22%에서 최대 30%까지 증가한 것을 볼 수 있었다. 산성다당체가 압출공정 시 기계적 에너지의 투입으로 인한 압력과 전단력의 영향을 받아 백삼 내부의 산성다당체 함량이 증가함에 따라 추출율 또한 향상된 것으로 사료되며, 본 실험에서 사출구 온도 100°C와 140°C에서 백삼압출성형물의 산성다당체 변화가 적은 것은 Son과 Ryu(10)의 보고와 유사하였다.

항산화 활성

항산화 물질은 총 페놀성 화합물, DPPH 라디칼 소거능,

Table 2. Total sugar, reducing sugar, and acidic polysaccharide of extruded white ginsengs

(unit: mg/g)

| Sample ¹⁾ | Die temp. (°C) | Reducing sugar | Total sugar | Acidic polysaccharide |
|----------------------|----------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------|
| WG | — | 64.76±0.06 ^{b2)} | 187.12±2.02 ^f | 16.42±0.38 ^g |
| EWG | 100 | 60.85±0.34 ^c | 233.01±1.42 ^b | 26.06±0.13 ^f |
| | 120 | 57.15±0.45 ^{de} | 216.58±0.69 ^d | 33.69±0.06 ^d |
| | 140 | 50.60±0.27 ^f | 210.24±1.38 ^e | 26.96±0.10 ^e |
| SEWG | 100 | 58.38±0.18 ^d | 223.09±2.36 ^c | 33.06±0.11 ^d |
| | 120 | 56.45±0.12 ^e | 212.49±1.49 ^{de} | 41.10±0.37 ^b |
| | 140 | 47.83±0.12 ^g | 210.79±1.40 ^e | 35.16±0.17 ^c |
| RG | — | 197.53±1.21 ^a | 302.46±2.16 ^a | 50.41±0.14 ^a |

¹⁾Refer to Table 1.²⁾Values with different superscripts in column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

Table 3. Antioxidant activity of extruded white ginsengs

| Sample ¹⁾ | Die temp. (°C) | Total phenol (mg/g) | DPPH (%) | Reducing power |
|----------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| WG | — | 3.14±0.03 ^{g2)} | 13.68±0.18 ^h | 0.28±0.003 ^h |
| EWG | 100 | 3.35±0.02 ^f | 16.53±0.38 ^g | 0.33±0.002 ^g |
| | 120 | 4.38±0.06 ^d | 30.39±0.23 ^e | 0.50±0.001 ^e |
| | 140 | 5.70±0.03 ^b | 49.81±0.03 ^b | 0.59±0.003 ^b |
| SEWG | 100 | 3.98±0.02 ^e | 23.57±0 ^f | 0.42±0.001 ^f |
| | 120 | 4.91±0.08 ^c | 39.25±0.03 ^c | 0.58±0.002 ^c |
| | 140 | 8.55±0.03 ^a | 72.05±0.63 ^a | 0.80±0.004 ^a |
| RG | — | 4.84±0.01 ^c | 32.27±0.21 ^d | 0.51±0.002 ^d |

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Values with different superscripts in column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

환원력을 측정하여 Table 3에 나타냈다. 총 페놀성 화합물은 백삼과 홍삼에서 중요한 항산화성 물질로 밝혀졌으며 백삼의 페놀 물질인 cinnamic acid가 우수한 신경 세포 보호 활성과 항염증 효과에 크게 기여한다고 보고하였다(23). 백삼과 홍삼에서 총 페놀성 화합물의 함량은 각각 3.14±0.03 mg/g, 4.84±0.01 mg/g으로 나타났으며, 압출성형물의 총 페놀성 함량은 사출구 온도 140°C에서 2회 압출성형물이 가장 높은 8.55±0.03 mg/g으로 측정되었다. 다른 압출성형물도 백삼보다 높게 나타났고 사출구 온도 140°C에서 압출성형 1회와 2회, 사출구 온도 120°C에서 압출성형 2회는 홍삼보다도 높게 측정되었다. 총 페놀성 화합물이 증가한 이유는 압출성형 시 고온과 함께 전단력이 발생하여 조직의 파괴로 인해 용출이 용이해지면서 함량의 측정이 증가한 것으로 보인다.

DPPH 라디칼 소거능은 항산화 지표이며 DPPH 라디칼 소거능이 증가하면 환원력이 증가한다. 사출구 온도 140°C에서 2회 반복 압출성형물의 DPPH 라디칼 소거능이 72.05±0.63%로 가장 높게 나타났으며, 사출구 온도 140°C에서 압출성형 1회와 2회 그리고 사출구 온도 120°C에서 압출성형 2회는 홍삼보다 측정치가 높았다. 이는 Son과 Ryu(10)가 온도조건의 변화를 주어 압출성형 백삼추출물의 항산화 활성을 측정하였는데 백삼보다 압출성형 백삼추출물의 DPPH 라디칼 소거능이 강하게 나타났다는 보고와 유사하였다.

환원력은 백삼과 홍삼의 측정치는 각각 0.28±0.003,

0.51±0.002로 홍삼의 경우가 백삼보다 환원력이 강하게 나타났다. 압출성형물에서는 사출구 온도 140°C에서 압출성형 2회는 0.80±0.004로 홍삼보다 높게 나타났으며, 백삼보다 압출성형 후 환원력이 증가한 것으로 나타났다. 총 페놀성 화합물과 DPPH 라디칼 소거능, 환원력은 백삼보다 압출성형을 하면 증가한 것이 나타났으며, 사출구 온도 140°C에서 압출성형 2회의 측정된 항산화 능력은 홍삼보다도 높게 측정되었다. 항산화 활성의 실험을 통해 총 페놀성 화합물, DPPH 라디칼 소거능, 환원력의 상관관계를 볼 수 있었다.

조사포닌

조사포닌은 백삼의 경우 38.84±0.35 mg/g이고, 홍삼은 52.14±0.45 mg/g으로 측정되었다(Table 4). 백삼압출성형물의 경우 사출구 온도 140°C에서 2회 압출성형물이 50.07±1.00 mg/g으로 가장 높고 홍삼과의 차이도 별로 없었다. 다른 압출성형물의 경우 조사포닌이 증가한 것은 Ying과 Ryu(24)가 발표한 자료와 유사한 결과를 얻을 수 있었다. 홍삼은 증자, 건조 등의 과정을 거치면서 열처리를 받아 조사포닌의 함량이 증가하여 추출이 용이하였으며, 압출성형 역시 고온, 고압을 기반으로 하는 공정으로 전단력 때문에 조직의 파괴가 일어나 조사포닌 함량이 증가함에 따라 추출이 용이하여 추출율이 향상된 것으로 사료된다.

Table 4. Contents of crude saponin and ginsenosides components in extruded white ginsengs

(Unit: mg/g)

| Sample ¹⁾ | Die temp. (°C) | Ginsenosides | | | | | | | | | | | | Crude saponin |
|----------------------|----------------|--------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|---------------------------|
| | | Rg1 | Re | Rf | Rh1 | Rg2s | Rg2r | Rb1 | Rc | Rb2 | Rd | Rg3s | Rg3r | |
| WG | — | 2.59 | 2.00 | 0.73 | — | 0.11 | 0.11 | 3.47 | 1.34 | 0.80 | 0.26 | — | — | 38.84±0.35 ^{e2)} |
| EWG | 100 | 2.74 | 1.96 | 0.78 | — | 0.12 | 0.12 | 3.74 | 1.39 | 0.88 | 0.26 | — | — | 42.45±0.19 ^d |
| | 120 | 2.82 | 1.97 | 0.80 | — | 0.12 | 0.12 | 3.44 | 1.53 | 0.90 | 0.28 | — | — | 43.14±0.36 ^d |
| | 140 | 2.77 | 1.85 | 0.84 | 0.07 | 0.14 | 0.14 | 3.35 | 1.38 | 0.87 | 0.30 | — | — | 48.58±0.41 ^{bc} |
| SEWG | 100 | 2.74 | 1.96 | 0.80 | 0.04 | 0.12 | 0.12 | 3.40 | 1.56 | 0.92 | 0.30 | — | — | 47.73±0.09 ^c |
| | 120 | 2.74 | 1.92 | 0.81 | 0.04 | 0.12 | 0.12 | 3.55 | 1.61 | 0.99 | 0.29 | — | — | 48.55±0.56 ^{bc} |
| | 140 | 2.63 | 1.77 | 0.87 | 0.11 | 0.15 | 0.15 | 4.03 | 1.34 | 0.98 | 0.25 | 0.09 | 0.03 | 50.07±1.00 ^b |
| RG | — | 2.98 | 2.09 | 0.88 | 0.25 | 0.26 | 0.26 | 6.11 | 2.07 | 1.73 | 0.46 | 0.16 | 0.09 | 52.14±0.45 ^a |

¹⁾Refer to Table 1.

²⁾Values with different superscripts in column are significantly different ($P<0.05$) by Duncan's multiple range test.

진세노사이드

UPLC에 의한 사포닌 분석 결과는 사포닌 Rg1, Rf, Rg2s, Rg2r, Rb1, Rc, Rb2, Rd는 백삼과 비교하여 압출성형물과 반복 압출성형물의 경우 증가하는 경향이었으며, 사포닌 Rh1은 백삼에서 추출되지 않았지만 2회 압출성형물과 사출구 온도 140°C에서 1회 압출성형물의 경우는 0.04~0.11 mg/g이 추출되었다(Table 4). 사출구 온도가 증가함에 따라 사포닌이 증가하는 것은 protopanaxadiol계 사포닌과 protopanaxatriol계 사포닌이 증가했다는 Ha와 Ryu(25)의 결과와 일치하였다. 특히 홍삼 특유의 사포닌인 Rg3r, Rg3s가 사출구 온도 140°C에서 2회 압출성형한 시료에서 0.03 mg/g, 0.09 mg/g으로 각각 추출되었다.

요 약

본 실험은 사출구 온도와 반복 압출성형이 백삼압출성형물의 화학적 조성 및 항산화 활성에 미치는 영향을 분석하였다. 압출성형 조건은 수분함량과 스크루 회전속도를 고정시키고 사출구의 온도를 100°C, 120°C, 140°C로 1회, 2회 반복 압출성형 실험을 하였다. 압출성형백삼의 일반성분은 백삼과 비교하여 크게 변화하지 않았지만 조지방은 감소하였다. 환원당과 총당은 백삼이 각각 64.76±0.06 mg/g, 187.12±2.02 mg/g으로 측정되었으며 백삼압출성형물의 환원당은 백삼보다 감소하고 총당은 백삼보다 증가하였다. 총 페놀성 화합물은 압출성형과정에서 모두 증가하였는데 사출구 온도 140°C에서 1회, 2회 그리고 사출구 온도 120°C에서 2회 백삼압출성형물은 각각 5.70±0.03 mg/g, 8.55±0.03 mg/g, 4.91±0.08 mg/g으로 홍삼보다 많이 추출되었다. DPPH 라디칼 소거능도 사출구 온도 140°C에서 1회, 2회 그리고 사출구 온도 120°C에서 2회 압출성형물이 홍삼보다 높게 측정되었다. 환원력 또한 압출성형백삼이 백삼보다 높게 측정되었고, 사출구 온도 140°C에서 1회, 2회 그리고 사출구 온도 120°C, 2회 압출성형물은 각각 0.58±0.002, 0.59±0.003, 0.80±0.004로 홍삼보다 높게 측정되었다. 조사포닌은 백삼이 38.84±0.35 mg/g으로 나타났고, 사출구 온도 140°C에서 2회 압출성형물이 50.07±1.00 mg/g으로 가장 높게 측정되었으며 다른 백삼압출성형물도 백삼보다 모두 증가하였다. UPLC로 측정된 진세노사이드의 조성은 압출성형과 반복 압출성형을 통하여 증가하였고, 백삼에서 추출되지 않았던 Rh1은 압출성형과정 후 추출되었다. 또한 140°C에서 2회 압출성형물은 Rg3s, Rg3r이 추출되어 홍삼의 특유성분도 확인할 수 있었다.

감사의 글

본문의 일부는 2013년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임 (2011-0013152).

REFERENCES

- Kim BS, Ryu GH. 2005. Effect of die temperature and dimension on extract characteristics of extruded white ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 544-548.
- Okuda H, Yoshida K. 1980. Studies on the effect of ginseng component on diabetes mellitus. Proc 3rd Int'l Ginseng Symp. Korea Ginseng Res., Seoul, Korea. p 53-57.
- 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.
- 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.
- Kim KY, Sin JK, Lee SW, Yoon SR, Chung HS, Jeong 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.
- Ryu GH. 2007. Recent trend in red ginseng manufacturing process and characteristics of extruded red ginseng. *J Food Eng Prog* 11: 1-10.
- Gu BJ, Ryu GH. 2011. Effect of die geometry on expansion of corn flour extrudate. *J Food Eng Prog* 15: 148-154.
- Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical component of red, white and extruded root ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 247-254.
- Han JY, Lee YS, Ryu GH. 2008. Studies on characteristics of physicochemical properties and saccharification of extruded white ginseng. *J Food Eng Prog* 12: 36-43.
- Son HJ, Ryu GH. 2009. Chemical compositions and antioxidant activity of extract from a extruded white ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 38: 946-950.
- Han JY, Goo DH, Han MS, Ryu GH. 2007. Comparison of fermentability and characteristics of fermented broth for white ginseng, red ginseng and extruded white ginseng. *J Food Eng Prog* 11: 119-126.
- AOAC. 1990. *Official methods of analysis*. 15th ed. Association of Official Analytical Chemists, Washington, DC, USA. p 8-35.
- Starcher B. 2001. A ninhydrin-based assay to quantitate the total protein content of tissue samples. *Anal Chem* 292: 125-129.
- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
- Dubois M, Gillers KA, Hamilton JK, Rebers PA, Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal Chem* 28: 350-356.
- Nelly B, Gustav AH. 1973. New method for quantitative determination of uronic acids. *Anal Chem* 54: 484-489.
- Slinkard K, Singleton VL. 1977. Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *Am J Enol Vitic* 28: 49-55.
- Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. 1995. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *Lebensm Wiss u Technol* 28: 25-30.
- Gulcin I, Okatay M, Kirecci E, Kufrevioglu OI. 2003. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. *Food Chem* 83: 371-382.
- Namba T, Yoshizaki M, Tomimori T, Kobashi K, Mitsui K, Hase J. 1974. Fundamental studies on the evaluation of the crude drugs. 3. Chemical and biochemical evaluation of gin-

- seng and related crude drugs. *Yakugaku Zasshi* 94: 252-260.
21. Ando T, Tanaka O, Shibata S. 1971. Chemical studies on the oriental plant drugs (XXV). Comparative studies on the saponins and sapogenins of ginseng and related crude drugs. *Soyakugaku Zasshi* 25: 28-33.
 22. Han JY, Chung 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.
 23. Kong YH, Lee YC, Choi SY. 2009. Neuroprotective and anti-inflammatory effects of phenolic compounds in *Panax ginseng* C.A. Meyer. *J Ginseng Res* 33: 111-114.
 24. Ying G, Ryu GH. 2013. The effect of extrusion conditions on the acidic polysaccharide, ginsenoside contents and antioxidant properties of extruded Korean red ginseng. *J Ginseng Res* 37: 219-226.
 25. Ha DH, Lee JW, Ryu GH. 2005. Effect of barrel temperature and screw speed on characteristics of extruded raw ginseng. *J Ginseng Res* 29: 107-112.