

압출성형 산삼배양근의 이화학적 성질 및 침출특성의 비교

한재윤^{1,2} · 정기화³ · 류기형^{1*}

¹공주대학교 식품공학과

²하동녹차연구소

³공주대학교 생명과학과

Comparison of Physicochemical Properties and Release Characteristics of Extruded Tissue Cultured Mountain Ginseng

Jae-Yoon Han^{1,2}, Ki-Hwa Chung³, and Gi-Hyung Ryu^{1*}

¹Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea

²Institute of Hadong Green Tea, Gyeongnam 667-822, Korea

³Dept. of Life Science, Kongju National University, Chungnam 314-702, Korea

Abstract

The objective of this study is to compare the physicochemical properties and release characteristics of red ginseng (A) and tissue cultured mountain ginseng (B) extruded tissue cultured mountain ginsengs at barrel temperatures 110 (C) and 120°C (D) to produce tissue cultured mountain ginseng-like commercial red ginseng by extrusion process. Extrusion process variables, water content and screw speed were fixed at 25% and 200 rpm, respectively. In the results, reducing and total sugar content were found to be relatively higher in A. The acidic polysaccharides content of B was the lowest among the ginseng samples. Acidic polysaccharide was increased 3 times by extrusion process. A and B were three times higher at maximum than C and D in polyphenolic compound. Polyphenolic compound content was relatively low by extrusion of ginsengs. Amino acid contents of B, C and D were 35~42 µg/mL; in contrast, A contained 25 µg/mL. The crude saponin content of C and D were higher than A and B.

Key words: tissue cultured mountain ginseng, acidic polysaccharide, phenolic compound, extrusion process

서 론

산삼은 깊은 산중에서 자생하는 야생인삼으로 천종, 지중, 인종, 장뇌로 분류한다. 천종, 지중, 인종은 야생의 인삼으로 조류가 종자를 먹고 배설하여 자연적으로 배양되며, 장뇌삼은 산삼종자를 산속에 뿌려 야생상태에서 인위적으로 재배한 것으로, 주로 그늘지고 습기가 많은 곳에서 잘 자란다(1). 산삼은 약효가 뛰어난 것으로 알려져 있지만, 고가이면서 희귀성 때문에 국내에서 산삼은 재배 인삼과는 달리 체계적이고 과학적인 연구가 거의 없었다(2). 최근 생명공학 기술을 이용하여 pilot plant 시설에서 대량의 산삼배양근이 생산되고 있으며 산삼배양근을 식품 및 제약 산업에 이용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 구체적으로 산삼의 효능을 열거하기는 불가능하므로 산삼배양근의 연구결과를 근거로 하여 산삼의 효능을 추측할 수밖에 없는 실정이다(3).

산삼배양근의 생산과정은 천연산삼으로부터 조직을 분리하여 세포괴(callus)를 유도한 다음, 세포괴에서 뿌리가 자라

나도록 부정근을 유도하고, 뿌리 중에서 건설한 것을 선별하여 다양한 생물반응기를 이용하여 45일가량 배양하여 수확하고 있다. 대체로 인삼보다 사포닌 함량이 높고 인삼에서 볼 수 없는 다양한 약리성분도 함유되어 있는 것으로 알려지고 있으므로 이를 이용한 다양한 제품개발이 시도되고 있다(1).

지금까지 산삼의 배양조건과 방법 등의 생산공정과 공정에 따른 성분변화, 효능 등의 연구(4,5)가 진행되었으며 산삼배양근의 알코올발효에 대한 연구(6)가 진행되었지만 2차 가공 중에서 압출성형을 통한 가공에 대한 연구는 시도되지 않았다.

압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위조각이 단시간에 일어나므로 다른 열처리 가공공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다(7). 압출성형공정은 원료투입속도, 수분함량, 스크루 회전속도, 사출구의 구조, 스크루 배열에 따라 목적하는 제품의 특성을 조절할 수 있기 때문에 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있다(8).

인삼의 압출성형에 대한 연구는 수삼의 홍삼화를 위한 건조공정의 연구, 홍삼화에 따른 압출성형 공정변수의 영향과

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

최적화(9)에 대한 연구가 수행되었고, 가공공정을 달리하여 제조한 인삼제품의 성분비교(10)에 대한 연구가 수행되었다. 압출성형 과정 중 발생하는 고온, 고압, 고전단력에 의해 수용성 성분의 추출이 용이해져 용해도가 증가한다. Ryu 등(11)은 압출성형공정을 적용하여 사출구 온도 130°C와 수분함량 15%, 스크루 회전속도 250 rpm에서 압출성형한 수삼이 원료 백삼과 비교하여 수용성물질의 추출수율이 약 2배 정도 향상되었다고 보고하였다. 또한 압출성형공정은 고온, 고압 하에서의 가공공정이며 스크루 회전에 의한 전단력이 원료에 작용하여 세포벽의 파괴와 함께 전분의 호화가 일어나 추출속도가 증가한다는 연구결과가 발표(12)되었지만 압출성형공정을 이용한 산삼배양근을 홍삼화하기 위하여 압출성형 공정변수에 따른 이화학적 특성 및 침출특성과 같은 연구는 수행되지 않았다.

따라서 본 연구에서는 조직배양에 의해 생산된 산삼배양근을 홍삼화하여 부가가치를 향상시키고 새로운 발효소재 또는 식품소재의 개발을 목적으로 산삼배양근을 압출성형하였으며, 이에 따른 압출성형 산삼배양근의 일반성분, 조사포닌, 말톨, 산성다당체, 페놀성화합물 등의 성분과 갈색도와 적색도, 침출특성의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

실험재료

실험에 사용된 홍삼분말은 (주)동진제약(충남 금산)에서 구매한 4년근 홍삼분말(120 mesh 이하)을 이용하였다. 산삼배양근은 (주)씨비엔바이오텍(충북 청원)에서 구입하여 사용하였다. 본 실험에 사용된 시약은 Sigma사에서 구입한 특급 분석시약을 사용하였다.

압출성형

산삼배양근을 압출성형하기 위하여 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 쌍축압출성형기(THK21T, Inchen Machinery Co., Korea)이며 압출성형기의 스크루 직경은 29.0 mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 25:1이며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다.

압출성형온도에 따른 압출성형 산삼배양근의 특성을 알아보기 위해 배럴온도는 110/110/80°C와 120/120/80°C(배럴 순서 1/2/3)로 조절하였다. 스크루 회전속도는 200 rpm, 수

분함량은 25%, 원료 사입량은 100 g/min로 고정하였으며, 직경 1.0 mm 사출구 3개를 열어 사용하였다.

압출성형된 시료는 50°C에서 8시간 동안 열풍건조 하였으며, 건조된 시료는 분쇄하여 20 mesh 표준체(Testing sieve, Chung Gye Sang Gong Sa, Seoul, Korea)를 통과한 분말을 분석시료로 이용하였다.

일반성분

총당 분석은 phenol-H₂SO₄ 법(13)을 사용하였고, 환원당 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS)법(14)으로 정량하였다. 총당은 각 시료액 1 mL에 5% phenol 1 mL와 진한 황산 5 mL를 가한 다음 15분 동안 반응시킨 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 이때 검량곡선은 글루코오스를 사용하여 작성하였다. 환원당은 시료액 2 mL과 DNS 시약 6 mL를 혼합하여 끓는 물에서 5분간 증탕한 다음, 흐르는 물로 냉각하였다. 냉각된 반응액을 증류수와 혼합하여 50 mL로 정용한 후 550 nm 파장에서 흡광도를 측정(TU-1800 PC, Peneral, Japan)하였다. 환원당의 함량을 결정하기 위한 검량곡선은 글루코오스를 이용하여 작성하였다.

총아미노산 함량을 측정하기 위하여 Ninhydrin 방법(15)을 사용하였다. 시료 용액 0.2 mL에 ninhydrin 시약 0.4 mL를 가하여 20분간 가열하여 반응시켰다. 반응액을 급속냉각시킨 후 acetone, 0.1 M-Na₃PO₄, 증류수를 4:2:4 비율로 혼합한 희석제를 1 mL 가하여 570 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 검량곡선은 leucine을 사용하여 작성하였다.

조사포닌

조사포닌(crude saponin) 함량은 Namba 등(16)과 Ando 등(17)의 수포화부탄올 추출법에 준하여 측정하였다. 시료 5 g에 수포화부탄올 50 mL를 가하여 80°C에서 1시간 환류냉각추출한 후 Whatman No. 41로 여과하고, 다시 잔유물에 수포화부탄올 50 mL를 가하는 조작을 2회 반복하여 추출액을 조제하였다. 추출액에 증류수 50 mL를 가하여 분액여두에서 방치시킨 후 상층액과 하층액이 완전히 분리가 되면 상층액만 회수하여 감압농축 후 농축물에 에틸에테르 50 mL를 가하여 36°C에서 30분간 환류냉각 추출을 하였다. 에틸에테르 추출액을 감압농축하고 105°C에서 30분 동안 건조시킨 후 조사포닌 함량을 측정하였다.

말톨

말톨(maltol) 성분 분석은 시료 5 g을 둥근 플라스크에 넣고 80% methanol 용액 100 mL를 가하여 70°C에서 1시간 환류냉각 추출하였다. 추출액을 여과한 잔류물에 80% methanol 용액 100 mL를 가하여 다시 1시간 환류추출 후 여과한 1차 추출액과 2차 추출액의 여액을 모아 감압농축하였다. 농축물을 증류수 50 mL에 용해시켜 분액깔대기에 넣고 ethyl acetate 50 mL를 가하여 혼합한 후 상층액과 하층액이 완전히 분리될 때까지 정치시켰다. 상층액을 농축하여 methanol 1 mL에 용해시켜 검액으로 하고, 말톨 표준품



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

5 mg을 methanol 1 mL에 용해시켜 표준용액으로 하였다. 검액 및 표준액 각 10 µL씩을 TLC용 실리카겔 판에 점적한 후 benzene, acetone(4:1, v/v)을 전개용매로 하여 약 10 cm 전개한 후 박층판을 풍건하였다. 염화제2철(FeCl₃) 시액을 고르게 뿌려 발색시킨 다음 110°C에서 5분간 가열하여 말뚝을 확인하였다(18).

총페놀성 화합물

총페놀성 화합물의 정량은 Folin-Denis 법(19)을 사용하였다. 시료 2 g에 60% ethanol 20 mL를 가하여 80°C에서 1시간 추출하고 여과하여 20배 희석한 용액을 분석용 시료로 사용하였다. 시료용액 1 mL와 Folin 시약 1 mL를 혼합하여 실온에서 3분간 정치한 후 10% Na₂CO₃ 용액 1 mL를 가하여 혼합하고 실온에서 1시간 반응시킨 후 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 검량곡선은 caffeic acid를 사용하여 작성하였다.

산성다당체

산성다당체의 측정은 carbazole-sulfuric acid 방법(20,21)을 사용하였다. 시료 5 g에 증류수를 가하여 50 mL로 정용한 후 80°C에서 1시간 추출하고, 4°C, 10,000 rpm으로 20분간 원심분리 하여 상등액 2 mL를 취해 8 mL 에탄올을 가하여 혼합한 후, 4°C 10,000 rpm에서 10분간 원심분리하고 침전물을 증류수 2 mL에 용해시켰다. 녹인 용액을 다시 64배 희석한 후 시료용액으로 사용하였다. 시료용액 0.5 mL와 0.1% carbazole ethanol 용액 0.25 mL, 진한 황산 3 mL를 혼합하여 85°C에서 5분간 반응시켰다. 반응액을 상온에서 15분간 냉각시킨 후 525 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 산성다당체를 정량하였다.

갈색도와 적색도

갈색도와 적색도는 Chang과 Chang(22)의 방법을 수정하여 측정하였다. 시료 5 g을 70% 에탄올 30 mL를 가하여 80°C에서 1시간 추출한 후 원심분리기를 사용하여 5,000×g에서 10분간 원심분리한 상등액을 분광광도계(Libra S35, Biochrom Co., England)를 사용하여 420 nm(갈색도)와 520 nm(적색도)에서 측정한 흡광도를 비교하였다.

침출특성 및 침출속도상수

홍삼, 산삼배양근과 압출성형 산삼배양근의 침출속도는 건조분말 1 g을 티백에 담아 증류수 200 mL와 같이 넣은

후 침출시험조(TW-SM, Wooju Scientific Co., Korea)를 사용하여 온도는 50°C, 임펠러 회전속도는 100 rpm으로 고정시켜 실험하였다. 침출시간 1, 3, 5, 7, 10, 20, 30, 50분마다 침출용액을 3 mL씩 채취하여 4,000 rpm에서 20분간 원심분리하고 상등액을 420 nm 파장에서 흡광도를 측정하여 갈색도로 나타내었다(12).

갈색도(파장 420 nm)는 사포닌을 비롯한 인삼유효성분 지표가 될 수 있으므로 침출시간에 따른 흡광도를 이용하여 갈색 반응속도상수를 침출속도상수(k)로 사용하였으며 침출속도 상수는 초기 7분 동안의 갈색도의 변화량에 다음의 식을 이용하여 계산하였다(23).

$$\frac{dA}{dt} = kA \quad (1)$$

용출시간이 t₀에서 t에 도달하는 동안에 백삼, 홍삼, 산삼 배양근, 압출성형산삼배양근의 흡광도(용출량)는 A₀에서 A_t로 증가하는 조건으로 변수를 분리하여 적분하여 식(4)를 구하였다.

$$\frac{dA}{A} = kdt \quad (2)$$

$$\int_{A_0}^{A_t} \frac{1}{A} dA = k \int_0^t dt \quad (3)$$

$$\ln \frac{A}{A_0} = kt \quad (4)$$

A: Absorbance of solution at released time (t)

A₀: Absorbance of initial released time (t₀)

k: Release rate constant (min⁻¹)

t: Released time (min)

결과 및 고찰

일반성분

각 인삼시료의 총당, 환원당 총아미노산 함량은 Table 1과 같다.

총당은 홍삼이 28.83±0.05 mg/g, 산삼배양근이 10.97±0.18 mg/g으로 측정되었다. 산삼배양근을 압출성형 하였을 때 배럴온도 110°C에서 11.82±0.18 mg/g, 120°C에서는 14.53±0.20 mg/g으로 측정되었다. 본 실험에서는 산삼배양

Table 1. Content of chemical properties of various ginseng samples

Ginseng samples	Barrel temp. (°C)	Total sugar (mg/g)	Reducing sugar (mg/g)	Total amino acid (µg/g)
Tissue cultured mountain ginseng	-	10.97±0.18	0.42±0.01	40.41±1.18
Extruded tissue cultured mountain ginseng	110	11.82±0.18	0.48±0.02	39.71±1.71
	120	14.53±0.20	0.45±0.00	34.92±2.11
Red ginseng	-	28.83±0.05	3.16±0.07	27.03±2.52

근을 압출성형 하였을 때 총당의 함량이 증가함을 보였다. Jang과 Moon(24)은 인삼의 다당체가 홍삼 제조과정 중의 하나인 증숙에 의해 가용화되기 쉬운 상태로 되어 다른 인삼류보다 더 많이 추출되어 총당의 함량이 증가하는 것이라 보고하였다. 압출성형 역시 홍삼 제조공정에 투입되는 열과 압력 등의 물리적인 작용이 가해지는 공정이기 때문에 압출성형하지 않은 산삼배양근보다 압출성형공정을 통한 산삼배양근의 총당 함량이 높게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 본 실험에서는 압출성형을 통하여 총당 함량이 증가하였으며, 배럴온도가 110°C에서 120°C로 증가함에 따라 증가량이 커짐을 확인할 수 있었다.

환원당 함량은 홍삼(3.16±0.07 mg/g)이 가장 높았고, 산삼배양근(0.42±0.01 mg/g)이 가장 낮았다. 산삼배양근을 압출성형 하였을 때 배럴온도 110°C에서는 0.48±0.02 mg/g, 배럴온도 120°C에서는 0.45±0.00 mg/g으로 증가하였다. 산삼배양근의 환원당 함량은 압출성형을 통하여 증가를 하였고, 배럴온도가 증가하였을 때 환원당 함량의 증가량이 감소하는 것을 확인할 수 있었다. Ha와 Ryu(10)는 수삼을 압출성형 하였을 때 환원당 함량이 미세하게 증가하였다고 보고하였다. 본 실험에서도 압출성형을 통하여 환원당 함량이 미세하게 증가하였고, 이러한 원인은 압출성형에 의한 환원당 함량의 증가는 압출성형과정 중에 작용하는 열과 수분에 의한 전분의 호화와 스크루의 회전과 마찰열에 의한 전분사슬의 절단으로 인한 것으로 판단되며, 배럴온도가 증가하였을 때 환원당의 증가가 감소하는 것은 온도가 높아질수록 갈변화가 많이 진행되어 환원당의 소비에 따른 것으로 보인다.

홍삼과 비교하여 산삼배양근의 총당, 환원당 함량이 낮은 이유는 전분을 비롯한 당류 함량이 높은 주근이 포함된 홍삼에 비하여 산삼배양근은 인삼의 미삼과 같은 미세근으로 이루어져 있어 전분 등의 당류 함량이 낮기 때문으로 판단된다.

총아미노산은 홍삼이 산삼배양근 및 압출성형 배양근과 비교하여 낮게 측정되었다. 원료 산삼배양근의 아미노산 함량이 40.41±1.18 µg/g로 가장 높았으며 압출성형 후 산삼배양근의 총아미노산 함량은 감소함을 확인할 수 있었다. 또한 배럴온도가 110°C에서 120°C로 증가함에 따라 총아미노산 함량은 39.71±1.71 µg/g에서 34.92±2.11 µg/g으로 감소하였다. Ha와 Ryu(10)는 압출성형과정을 통하여 투입되는 기계적 에너지와 열에너지에 따라 총아미노산이 변성되어 다

른 성분으로 전환되어 감소한다고 보고하였고, 본 연구에서도 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 압출성형과정을 통해 아미노산과 당류의 결합에 의한 다른 물질로의 전환이 압출성형 산삼배양근의 총아미노산 함량 감소의 원인으로 판단된다.

조사포닌 함량

인삼의 사포닌성분은 인삼의 주요 생리활성물질 중의 하나로서 다양한 약리효능과 생리활성이 밝혀져 인삼 품질평가의 지표성분으로 활용되고 있다(25,26). 산삼배양근, 압출성형 산삼배양근, 홍삼의 조사포닌 함량은 Table 2에 나타내었다.

조사포닌 함량은 산삼배양근 7.99%, 110°C 압출성형 산삼배양근 8.40%, 120°C 압출성형 산삼배양근이 9.60%로 측정되어, 압출성형을 하였을 때 조사포닌 함량은 증가를 하였으며, 배럴온도가 증가함에 따라 조사포닌 함량의 증가량도 커졌다. Jee 등(27)의 연구결과에 따르면 수분함량 25%, 배럴온도 155°C에서 압출성형한 인삼미삼의 조사포닌 함량이 72%까지 증가하였다. 이러한 결과와 비교하였을 때 본 연구에서도 압출성형을 통하여 산삼배양근의 조사포닌 함량이 증가함을 확인할 수 있었다. 이는 압출성형기 내부를 통과할 때 열에너지와 기계적 에너지에 의한 전단력과 압력을 받아 사포닌의 전환량이 증가된 것으로 판단되었다. 산삼배양근에 비교하여 홍삼의 사포닌 함량이 낮은 이유는 주근 함량이 높은 홍삼과 비교하였을 때 산삼배양근은 사포닌 함량이 높은 미세근으로 구성되었기 때문으로 사료된다.

압출성형 산삼배양근의 항산화 물질 변화

말톨은 일반적으로 수삼이나 백삼에는 함유되지 않고, 홍삼에서만 확인되는 물질로 알려져 있으며 항산화 효과 및 노화 억제 효과가 있다고 밝혀진 비사포닌계 화합물이다(28). 박충크로마토그래피를 이용한 말톨의 정성분석 결과는 Fig. 2와 같고 본 실험에 사용된 홍삼에서는 말톨이 확인되었으나, 산삼배양근을 비롯한 110°C와 120°C에서 압출성형한 산삼배양근에서는 말톨을 확인할 수 없었다. Ha 등(9)은 수삼을 압출성형 하였을 때 모든 처리구에서 말톨 성분을 확인할 수 있었지만, 본 실험에서는 이와 다른 결과를 나타내었다.

홍삼, 산삼배양근, 압출성형 산삼배양근의 산성다당체와 총페놀성화합물의 함량은 Table 2와 같다. 각 시료의 산성다

Table 2. Content of crude saponin and antioxidant compounds of various ginseng samples

Ginseng samples	Barrel temp. (°C)	Crude saponin (%)	Acidic polysaccharide (µg/g)	Polyphenolic compound (µg/g)
Tissue cultured mountain ginseng	-	7.99±0.77	0.24±0.01	85.22±2.22
Extruded tissue cultured mountain ginseng	110	8.40±0.55	0.63±0.02	41.63±1.50
	120	9.60±0.22	0.75±0.03	38.95±1.96
Red ginseng	-	5.75±0.97	0.83±0.02	104.85±4.09

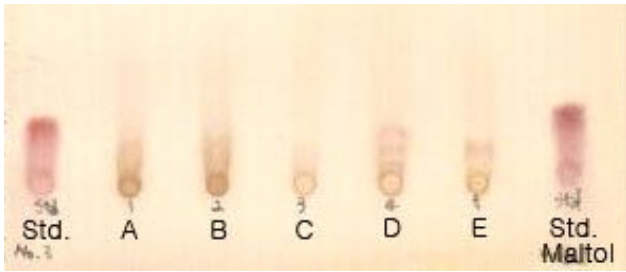


Fig. 2. Thin-layer chromatography of maltol from ginseng samples.

A: extruded tissue cultured mountain ginseng at 110°C, B: extruded tissue cultured mountain ginseng at 120°C, C: white ginseng, D: red ginseng, E: tissue cultured mountain ginseng.

당체 함량은 홍삼 0.83 $\mu\text{g/g}$, 산삼배양근 0.24 $\mu\text{g/g}$, 110°C 압출성형 산삼배양근 0.63 $\mu\text{g/g}$, 120°C 압출성형 산삼배양근이 0.75 $\mu\text{g/g}$ 으로 측정되었다. 산성다당체는 인삼의 부위별로는 미삼보다는 주근(동체부위)이 높다고 알려져 있다(29). 홍삼의 경우 산성다당체가 가장 높게 나타난 이유는 이와 같이 주근 함량이 높기 때문이다. 본 실험에서 압출성형의 산삼배양근의 산성다당체 함량의 증가는 압출성형공정에 의한 조직파괴로 인해 용출이 용이해지고, 세포벽과 같은 조직이 변화된 것이라는 Ha와 Ryu(10)의 연구결과와 일치하였다. 또한 산성다당체는 배럴온도가 증가함에 따라 증가하는 것으로 확인되었다.

페놀성화합물은 단백질 등의 거대분자들과 결합하는 성질뿐만 아니라 이러한 성질은 미생물 세포와 작용하여 성장저해를 유발하는 항미생물 효과와 항산화 작용에 의한 항암 효과가 제안되고 있으며 Pb, Cd과 같은 유해 중금속을 제거시키는 효과뿐만 아니라 항산화 효과 등의 생리활성 기능도 가지며 식물체에 특수한 항산화 효과 이외에도 항 피로 효과 및 노화억제에 관련된 효능들이 많이 보고되어 있다(30). 페놀성 화합물의 함량은 산삼배양근이 85.22 $\mu\text{g/g}$ 이었고, 압출성형을 하였을 때 배럴온도 110°C에서 41.63 $\mu\text{g/g}$, 120°C에서 38.95 $\mu\text{g/g}$ 으로 측정되었다. 본 결과에서는 페놀성 화합물은 압출성형을 하였을 때 50%가량 감소하였으며, 배럴온도의 증가에 따라 감소량 역시 증가하였다. 홍삼의 경우 104.85 $\mu\text{g/g}$ 으로 각 시료 중에서 가장 높은 것으로 확인되었다.

압출성형 산삼배양근의 갈색도, 적색도와 침출특성

홍삼, 산삼배양근, 압출성형 배양근의 갈색도(brownness)와 적색도(redness)는 Table 3과 같다. 갈색도와 적색도는 홍삼이 가장 낮았으며(brownness: 0.548, redness: 0.128), 산삼배양근(brownness: 0.786, redness: 0.184)을 압출성형 하였을 때 증가하는 경향을 나타내었다. 갈색도와 적색도의 증가량은 배럴온도가 증가함에 따라 커졌고, 배럴온도 120°C에서 갈색도가 2.204, 적색도가 0.523까지 증가함을 확인할 수 있었다. 배럴온도는 압출성형에서 갈변에 가장 큰 영향을 미치는 요인으로 볼 수 있다(31). Kim과 Ryu(12) 역

Table 3. Brownness and redness of various ginseng samples

Ginseng samples	Barrel temp. (°C)	Brownness (420 nm)	Redness (520 nm)
Tissue cultured mountain ginseng	-	0.786	0.184
Extruded tissue cultured mountain ginseng	110	2.061	0.483
	120	2.204	0.523
Red ginseng	-	0.548	0.128

시 수삼을 압출성형 하였을 때 갈색도와 적색도가 증가한다는 연구결과를 발표하여 본 실험에서의 결과와 유사함을 확인하였다.

각 인삼시료의 침출패턴을 Fig. 3에 나타내었다. 인삼시료의 침출량은 초기 10분 동안 급격히 증가하였으며, 홍삼이 가장 낮게 나타났다. 산삼배양근을 압출성형 하였을 때 초기 10분에서 침출액의 갈색도는 2배 이상 증가하였으며, 최종 침출시간 50분에서는 2.5배 이상 증가하였다. 이러한 결과는 Kim과 Ryu(12)의 연구결과에서도 유사하게 확인되었는데 이러한 이유는 압출성형을 통한 수용성지수의 증가에 따른 용출량 증가로 판단된다.

인삼시료의 침출패턴에서 초기 7분 동안 갈색도 변화량과 1차 반응속도 속도식으로부터 구한 초기 침출속도는 Fig. 4에 나타냈으며, 그에 따른 침출속도상수(release rate constant) k 는 Table 4와 같다. 홍삼의 침출속도상수는 0.0672 min^{-1} 로 가장 낮았으며, 산삼배양근이 0.1006 min^{-1} , 110°C 압출성형 산삼배양근이 0.1292 min^{-1} , 120°C 압출성형 산삼배양근이 0.1373 min^{-1} 의 순서로 나타났다. 본 실험에서는 압출성형을 통하여 산삼배양근의 침출속도를 증가시킬 수 있었고, 배럴온도의 증가에 따라 침출속도가 증가함을 확인할 수 있었다. 압출성형 산삼배양근의 경우 팽화에 의한 기공이 형성과 전단력에 의한 세포벽의 파괴가 압출성형물 내부

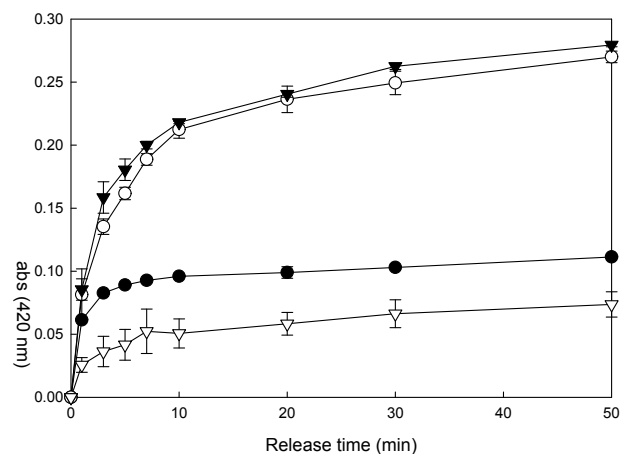


Fig. 3. Release pattern of ginseng samples at 420 nm.

▽: red ginseng, ●: tissue cultured mountain ginseng, ○: extruded tissue cultured mountain ginseng at 110°C, ▼: extruded tissue cultured mountain ginseng at 120°C.

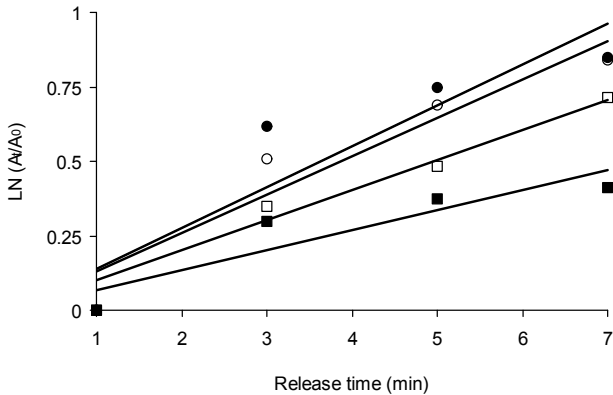


Fig. 4. Release pattern of ginseng samples at 420 nm.
 ■: tissue cultured mountain ginseng ($y=0.1006x$, $R^2=0.9527$), ○: extruded tissue cultured mountain ginseng at 110°C ($y=0.1292x$, $R^2=0.9075$), ●: extruded tissue cultured mountain ginseng at 120°C ($y=0.1373x$, $R^2=0.9098$), □: red ginseng ($y=0.0672x$, $R^2=0.8225$).

Table 4. Release rate constant of brownness in ginseng samples

Ginseng samples	Barrel temp. (°C)	Release rate constant of brownness (min ⁻¹)
Tissue cultured mountain ginseng	-	0.1006
Extruded tissue cultured mountain ginseng	110	0.1292
	120	0.1373
Red ginseng	-	0.0672

의 유효성분의 침출을 향상에 영향을 미친 것으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 조직배양에 의해 생산된 산삼배양근을 홍삼화하여 부가가치를 향상시키고 새로운 식품소재의 개발을 목적으로 산삼배양근을 압출성형 하였다. 압출성형 산삼배양근의 일반성분, 조사포닌, 말톨, 산성다당체, 페놀성화합물 등의 화학적 성분과 갈색도, 적색도, 침출특성의 물리적 변화를 살펴보았다. 실험결과 주근의 함량이 높은 홍삼이 총당과 환원당 함량은 산삼배양근과 비교하여 높게 나타났으며, 압출성형 산삼배양근의 총당과 환원당은 증가하였다. 반면 미세근으로 이루어진 산삼배양근의 총아미노산 함량이 주근으로 이루어진 홍삼과 비교하여 높게 측정되었으며, 압출성형 산삼배양근의 아미노산 함량은 다소 감소하는 경향을 나타내었다. 유효성분인 조사포닌 함량은 산삼배양근을 압출성형을 통하여 증가시킬 수 있음을 확인하였으며, 배럴온도 120°C에서 압출성형한 산삼배양근이 9.60% 가장 높게 측정되었다. 말톨은 홍삼에서만 확인되었으며, 산삼배양근의 경우 압출성형을 통해서도 말톨의 생성은 나타나지 않았다. 산성다당체는 산삼배양근(0.24 µg/g)이 가장 낮았지만 압출성형을 하였을 때 배럴온도 120°C에서 0.75 µg/g으로 홍삼의 0.83 µg/g과 비슷한 수준까지 증가시킬 수 있었다.

페놀성화합물 함량은 압출성형을 통해 감소하였다. 산삼배양근의 갈색도와 적색도는 압출성형으로 증가하였으며, 배럴온도가 증가함에 따라 증가하였다. 갈색도를 기준으로 한 침출특성과 침출속도상수 역시 배럴온도가 증가함에 따라 증가를 확인할 수 있었다. 압출성형은 유효성분인 조사포닌 및 산성다당체 등을 향상시킬 뿐만 아니라 침출력을 향상시켜주므로 향후 고가의 산삼배양근을 더욱 효율적으로 가공할 수 있는 공정으로 확인되었다.

감사의 글

본 연구는 농림수산식품부에서 시행한 농림기술개발사업의 연구과제로 수행된 결과의 일부이며 이에 감사드립니다.

문 헌

- Jeong HS, Kang TS, Woo KS, Paek KY, Yu KW, Yang SJ. 2005. Effects of cultured wild ginseng roots on the alcoholic fermentation. *Korean J Food Preserv* 12: 402-410.
- Yoo BS, Chang MS, Byun SY. 2003. Characterization of cell cultures and ginsenoside production by cultured ginseng and wild mountain ginseng. *Korean J Biotechnol Bioeng* 18: 133-139.
- Hwang SY, Park SW, Park SJ, Han K. 2006. Therapeutic effect of tissue cultured root of mountain *Panax ginseng* C.A. Mayer against 2,3,7,8-tetrachlorodibenzo-p-dioxin induced toxicity in rat. *Yakhak Hoeji* 50: 220-227.
- Jeong CS, Chakrabarty D, Hahn EJ, Lee HL, Paek KY. 2005. Effects of oxygen, carbon dioxide and ethylene on growth and bioactive compound production in bioreactor culture of ginseng adventitious roots. *Biochemical Engineering Journal* 27: 252-263.
- Yu KW, Murthy HN, Jeong CS, Hahn EJ, Paek KY. 2005. Organic germanium stimulates the growth of ginseng adventitious roots and ginsenoside production. *Process Biochemistry* 40: 2959-2961.
- Jeong HS, Kang TS, Woo KS, Paek KY, Yu KW. 2005. Effects of cultured wild ginseng roots on the alcohol fermentation. *Korean J Food Preserv* 12: 402-410.
- Harper JM. 1989. Food extruders and their application. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. AACC, St. Paul, MN. p 1-18.
- Meuser F, Wiedmann W. 1989. Extrusion plant design. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. AACC, St. Paul, MN. 91-155.
- Ha DC, Kim BS, Byun EH, Lee JW, Ryu GH. 2004. Optimization of extrusion process variables for red ginseng manufacturing. 71th Annual Conference in Korean Society of Food Science and Technology.
- Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 247-254.
- 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.
- Kim BS, Ryu GH. 2005. Properties of extracts from extruded root and white ginseng at different conditions. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 306-310.
- 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.
14. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
 15. Doi E, Shibata D, Matoba T. 1981. Modified colorimetric ninhydrin methods for peptidase assay. *Anal Biochem* 118: 173-184.
 16. Namba T, Yoshizaki M, Tominmori, Kobashi K, Matsui K, Hase J. 1974. Fundamental studies on the evaluation of the crude drugs. III. Chemical and biochemical evaluation of ginseng and related crude drugs. *Yakugaku Zasshi* 94: 252-259.
 17. 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: 28-32.
 18. Han BH, Park MH, Woo LK, Woo WS, Han YN. 1979. Studies on the antioxidant components of Korean Ginseng [1]. *Korean Biochem J* 12: 33-40.
 19. AOAC. 1985. *Official Method of Analysis*. 16th ed. Association of Official Analytical Chemist, Washington, DC, USA.
 20. Bitter T, Muir HM. 1962. A modified uronic acid carbazole reaction. *Anal Biochem* 4: 330-334.
 21. Dische Z, Rothschild C. 1967. Two modifications of the carbazole reaction of hexuronic acids for the differentiation of polyuronides. *Anal Biochem* 21: 125-130.
 22. Chang DI, Chang KS. 2001. Development of a process for manufacturing the best quality red ginseng. Final Report of ARPC. p 170-178.
 23. Esteve MJ, Frigola A, Martorell L, Rodrigo C. 1999. Kinetics of green asparagus ascorbic acid heated at high-temperature thermoresistometer. *Z Leberm Unters Forsch* 208: 144-147.
 24. Jang SA, Moon SK. 2005. Analysis of total sugar by extraction condition and material to develop the extraction process of ginseng polysaccharide. *Korean J Food Preserv* 12: 367-371.
 25. Hwang WI, Oh SK. 1984. A study on the anticancer activities of lipid soluble ginseng extract and ginseng saponin derivatives against some cancer cells. *Korean J Ginseng Sci* 8: 153-166.
 26. Joo CN, Kwak HS. 1988. The effect of ginseng saponin fraction on antioxidant activity of α -tocopherol. *Korean J Ginseng Sci* 12: 128-134.
 27. Jee HK, Cho YJ, Kim CT, Jang YS, Kim CJ. 2006. Increase of solubility of ginseng radix by extrusion cooking. *Korean J Food Sci Technol* 38: 361-368.
 28. Han BH, Park MH, Han YN, Suh DY. 1992. Chemical and biochemical study on non-saponin constituents of Korean ginseng. *Korean J Ginseng Sci* 16: 228-234.
 29. Okuda T, Yoshioka Y, Ikekawa T, Chihara G, Nishioka K. 1972. Anticomplementary activity of antitumor polysaccharides. *Nature: New Biol* 238: 59-60.
 30. Kuhnau J. 1976. The flavonoids. A class of semiessential food components: their role in human nutrition. *World Rev Nutr Diet* 24: 117-191.
 31. Sahagun JF, Harper JM. 1980. Effect of screw restrictions on the performance of an autogenous extruder. *J Food Proc Eng* 3: 199-216.

(2008년 3월 24일 접수; 2008년 7월 17일 채택)