

홍삼 · 백삼 및 압출성형 건조수삼의 성분특성

하대철^{1,2} · 류기형^{1*}

¹공주대학교 식품공학과

²한국유나이티드제약

Chemical Components of Red, White and Extruded Root Ginseng

Dae-Chul Ha^{1,2} and Gi-Hyung Ryu^{1*}

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

²Korea United Pharm. Inc., Chungnam 339-841, Korea

Abstract

The objective of this study is to compare the chemical properties of red ginseng, white ginseng, and extruded ginseng. Six kinds of samples were prepared and examined their chemical components. The comparison among crude ash, crude lipid, and total sugar resulted insignificant difference. White ginseng had lower content of reducing sugar than those of extruded ginseng and red ginseng. Total amino acid was found relatively low in treatment A (sliced whole root and dried at 70°C). Total amino acid of treatment C (extruded dry whole root ginseng slices, moisture content 30%, barrel temperature 110°C, and screw speed 200 rpm) was higher than that of treatment B (extruded dry whole root slices, moisture content 25%, barrel temperature 110°C, and screw speed 200 rpm). Crude saponin of treatments A, B, C, D (white ginseng with skin), E (skinless white ginseng), and F (red ginseng) were 4.02, 4.77, 4.12, 3.56, 3.25, and 4.02%, respectively. Ginsenoside was contained similarly as crude saponin. The amount of ginsenoside in the treatment of A, B, C, D, E, and F was recorded respectively at 6.031, 8.108, 6.876, 7.978, 5.591, and 9.834 mg/g. A specific component in red ginseng, R_{g3} was detected in treatment F. Maltol was detected in treatment B and F. Acidic polysaccharide was increased 2~3% by extrusion process. In conclusion, extruded ginseng had similar components to those of red ginseng.

Key words: extruded ginseng, saponin, ginsenoside, maltol, acidic polysaccharide

서 론

인삼(*Panax ginseng* CA Meyer)은 오가피나무과(*Araliaceae*) 인삼속(*Panax*)에 속하는 다년생 초본류로서 한방에서는 그 뿌리를 인삼(*Ginseng radix*)이라 하여 약용으로 사용되어 왔다(1,2). 인삼의 가공형태는 원형이 그대로 유지되는 1차 가공형태로서 홍삼, 백삼, 태극삼 등이 있고 2차로 가공하여 제조하는 분말, 타블렛(tablet), 캡슐 등의 분말 제품류와 드링크, 차, 팩 등의 제품이 판매되고 있으나 압출성형공정을 이용하여 수삼이나 인삼을 가공한 제품은 개발되지 않았다.

압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위 조작이 단시간에 일어나므로 다른 열처리 가공공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다(3). 압출성형공정은 원료투입속도, 수분함량, 스크루 회전속도, 사출구의 구조, 스크루 배열에 따라 목적하는 제품의 특성을 조절할 수 있기 때문에 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있다(4). 압

출성형공정의 적용분야는 곡류를 팽화시킨 스낵제품(5-9), 탄산가스나 초임계탄산의 주입을 통해 100°C이하의 비교적 저온에서 호화된 곡류용융반죽을 팽화시켜 열에 불안정한 영양소나 기능성 성분을 강화하기 위한 저온압출성형(10-16), 호화전분, 식물성 단백질의 조직화(17), 유지추출전처리, 살균, 고분자 생물질의 전환(18,19), 생분해 포장재(20), 식물성세포벽의 수용화(21), 비지의 중간제품화(22) 등에 다양하게 응용되고 있다.

수삼의 압출성형에 대한 연구는 수삼의 홍삼화를 위한 건조공정의 연구(23), 홍삼화에 따른 압출성형 공정변수의 영향과 최적화(24)에 연구가 수행되었지만, 가공공정을 달리하여 제조한 인삼제품이 성분비교에 대한 연구는 수행되지 않았다.

따라서 본 연구는 압출성형공정을 이용하여 수삼을 홍삼화하기 위하여 기존의 가공공정으로 제조한 백삼, 홍삼과 압출성형 수삼에 대한 일반성분과 인삼의 중요한 유효성분인 사포닌, 진세노사이드(ginsenoside), 말톨, 산성다당체, 아미노산 등의 성분특성을 비교하였다.

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

하였으며, 배럴온도 80/110/110/60°C(배럴 부위 1/2/3/4), 스크루 회전속도 200 rpm, 원료 사입량 111.7 g/min으로 고정하였다.

일반성분

AOAC방법(25)에 준하여, 수분은 105°C 건조법, 회분은 전식 회화법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 총당과 환원당의 함량은 dinitrosalicylic acid(DNS)법(26)으로 분석하였다.

구성 아미노산

시료의 총 아미노산 분석은 시료분말 250 mg을 칭량하여 ampoule에 넣은 후 6 N HCl 10 mL를 가하고 질소 가스로 충전시킨 뒤 진공상태에서 밀봉한 후 110±1°C에서 22시간 가수분해하여 감압농축한 뒤 pH 2.2의 0.2 M sodium citrate buffer 3 mL에 용해한 후 0.2 µm(millipore filter)로 여과하였다. 여액 1 mL를 취하여 미리 activation 시킨 Sep-Pak C₁₈ cartridge를 통과시켜 아미노산 자동분석기(Pharmacia Biochem. 20, USA)를 이용하여 분석하였다(27). 그 분석조건에서 칼럼은 ultrapac 11 cation exchange resin(11±2 µm)을 사용하였고, flow rate와 buffer는 ninhydrin 25 mL/hr와 pH 3.0~10.0으로 하였으며, 칼럼온도와 반응온도는 각각 46°C와 88°C이며 분석시간은 44분으로 조절하여 분석하였다.

조사포닌 및 진세노사이드

조사포닌(crude saponin)의 분리 및 정량은 Namba(28)와 Ando 등(29)의 수포화 부탄올 추출법에 준하였다. 시료 5 g에 수포화 부탄올용액 50 mL를 가하여 80°C에서 1시간 동안 환류추출한 다음 여과하고 잔류물에 수포화 부탄올용액 50 mL를 가하여 다시 환류추출 여과하는 조작을 2회 반복하고 여지에 수포화 부탄올 10 mL로 씻어내고 수포화 부탄올 층에 증류수 50 mL를 가하여 추출하고, 감압농축후 에테르를 가하여 환류추출한 다음 에테르를 제거하고 잔유물을 105°C에서 약 2시간 건조시켜 무게를 달아 측정하였다. 진세노사이드(ginsenoside)의 분리 및 정량은 시료 1 g에 80% ethanol 50 mL를 가하여 80°C 항온수조에서 1시간씩 2회 환류냉각 추출한 추출액을 여과하여 감압농축하고, 이를 증류수로 용해하여 5 mL로 정용한 후 이것을 Sep-Pak C₁₈ cartridge(300 mg, Waters Co., USA)의 시료로 사용하였다.

Sep-Pak C₁₈ cartridge를 활성화시키기 위해서 2 mL의 methanol을 주입하고, 4 mL의 증류수로 세척한 후, 시료 3 mL를 주입시키고, 증류수 12 mL를 주입하여 당 성분을 제거한 다음, 30% methanol 12 mL를 유출시켜 지용성 성분을 제거하였다.

진세노사이드(ginsenoside)를 분석한 HPLC 작동조건은 Table 1과 같다. HPLC용 methanol 5 mL를 주입시키고 그 유출물을 취하여 0.2 µm membrane filter로 여과한 후 HPLC의 시료로 하였으며, HPLC chromatogram상의 peak 면적을 검량선과 대조하여 각 진세노사이드 Rb₁ Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf, Rg₁, Rg₂, Rg₃와 총사포닌(total saponin)의 함량

Table 1. Operating conditions of HPLC for analysis of ginsenosides

Items	Conditions
Instrument	Waters 510, USA
Column	NH ₂ column (250 mm×4.6 mm; Merck Co.)
Mobile phase	Solvent A: acetonitrile/water/isopropanol (80/5/15) Solvent B: acetonitrile/water/isopropanol (80/20/15)
Flow rate	1 mL/min
Detector	ELSD (ELSD 2000, Alltech Co., USA) -Temperature: 92°C -Nebulizing gas nitrogen: 2.0 L/min
Injection volume	20 µL
Analyzing time	55 min

을 계산하였다.

말톨 분석

말톨(maltol) 분석은 홍삼 분말 약 5 g를 둥근 플라스크에 넣고 80% methanol 용액 100 mL를 가하여 70°C 물중탕에서 1시간 환류추출한 후 여과한 잔류물에 80% methanol 용액 100 mL를 가하여 다시 1시간 환류추출한 다음 여과한 1차 추출액과 2차 추출액의 여액을 모아 감압 하에서 농축한 후, GC/MS를 사용한 크로마토그램을 분석하여 말톨함량을 정량적으로 분석하였다.

산성다당체 분석

산성다당체의 비색 측정은 Carbazole-sulfuric acid 방법(32)으로 Fig. 5와 같이 측정하였으며 blank에는 carbazole 대신에 ethanol을 사용하였다.

결과 및 고찰

화학적 성분

각 시료 인삼의 일반성분함량은 Table 2와 같다. 회분의 경우 압출성형 무 처리구(A)와 수분함량 25%에서 압출성형

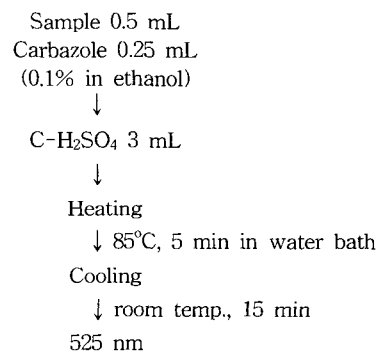


Fig. 5. Schematic diagram for determination of acidic polysaccharides in samples.

Table 2. Chemical composition in ginseng samples

(unit: % dry base)

Components	Treatment ¹⁾					
	A	B	C	D	E	F
Ash	3.94	3.98	4.05	3.97	3.85	3.97
Crude fat	1.54	1.57	1.55	1.62	1.56	1.60
Total sugar	61.48	61.23	63.28	59.26	60.93	60.90
Reducing sugar	17.45	10.21	11.90	2.15	2.09	8.68

¹⁾A: Dried whole root ginseng slice at 70°C.

B: Extruded dry whole root ginseng slice (A) (moisture content: 25%, barrel temperature: 110°C, screw speed: 200 rpm).

C: Extruded dry whole root ginseng slice (A) (moisture content: 30%, barrel temperature: 110°C, screw speed: 200 rpm).

D: White ginseng with skin.

E: White ginseng without skin.

F: Red ginseng.

한 수삼(B)과 수분함량 30%에서 압출성형한 수삼(C), 표피를 제거하지 않은 피부백삼(D), 표피를 제거한 백삼(E), 홍삼(F)에서 3.85~4.05%로 시료 간에 큰 차이가 없었다. 또한 조지방의 경우도 A~F시료에서 1.5~41.62%로 함유되어 각 처리구간의 차이가 없었다.

총당의 경우는 A~F처리구에서 각각 61.48, 61.23, 63.28, 59.26, 60.93, 60.90%로 전체적으로 큰 변화가 없었으며, D와 E처리구의 경우에서 함량의 증가는 표피를 제거하였기 때문인 것으로 사료된다. 환원당은 표피를 제거하지 않은 수삼(A)에서 높게 나타났고 압출성형한 시료 B와 C처리구의 경우, 압출성형 수분함량이 25%에서 30%로 증가함에 따라 환원당은 10.21%에서 11.90%로 약간 증가하였다. 백삼 D와 E처리구는 각각 2.15%와 2.09%, 홍삼(F)은 8.68% 포함되었다. 홍삼의 환원당 함량의 감소는 갈변반응에 의해 당의 구조가 변형된 것으로 판단되었다.

구성아미노산

각 시료에 대한 구성아미노산 함량은 Table 3과 같다. 처

리구 A시료에서 전체적으로 낮은 아미노산 함량을 나타내는 것은 열풍건조온도 70°C가 아미노산 변성의 임계온도 이상이므로 일부아미노산이 변성되었기 때문인 것으로 판단되었다. B와 C처리구의 경우 B처리구보다 C처리구가 17종 모든 함량이 낮게 측정되었는데 이것은 수분함량이 낮은 경우 압출성형과정을 통해 투입되는 기계적 에너지의 열에너지 전환율이 높고(4) 전단력이 높게 작용한 결과로 아미노산이 변성되어 다른 성분으로 전환된 결과로 판단되었다.

표피를 제거하지 않은 백삼 D와 제거한 백삼 E처리구의 경우, 표피제거 유무에 의해 아미노산 함량의 차이가 크게 나타났다. 이는 표피를 제거한 백삼 B처리구에서 전반적으로 아미노산 함량이 낮은 것은 표피보다 수삼근 내부에 아미노산 함량이 높은 결과로 판단되었다. 또한 표피에는 섬유질의 함량이 높기 때문에 압출성형을 통해 열에너지 전환과 전단력의 증가로 인한 아미노산의 변성이 일어난 것으로 추측할 수 있었다(6).

홍삼 F처리구의 경우 아미노산 함량이 대체적으로 백삼

Table 3. Contents of total amino acid in samples

(unit: mg% dry base)

Amino acids	Treatment ¹⁾					
	A	B	C	D	E	F
Aspartic acid	404.98	499.48	522.30	442.24	531.18	533.76
Threonine	276.10	274.24	285.90	236.26	292.86	295.36
Serine	220.20	232.68	239.42	201.68	248.72	247.10
Glutamic acid	635.16	681.98	746.62	757.92	754.14	727.34
Proline	295.16	403.96	389.04	418.82	402.32	372.38
Glycine	166.30	208.60	209.64	178.42	211.26	208.88
Alanine	280.30	314.70	325.32	318.86	353.36	341.30
Cystine	77.56	97.50	102.64	106.46	98.32	98.44
Valine	241.68	248.78	262.34	228.56	247.26	250.76
Methionine	89.68	112.88	134.32	114.54	95.66	107.76
Isoleucine	237.92	244.78	247.74	216.56	243.70	242.84
Leucine	447.86	409.48	425.86	355.80	421.10	428.18
Tyrosine	168.16	196.36	214.08	178.86	210.08	245.72
Phenylalanine	292.14	402.36	399.94	297.72	387.24	402.78
Histidine	164.48	161.16	170.62	161.06	194.4	190.78
Lysine	336.38	314.46	360.60	335.64	401.96	379.20
Arginine	1,199.58	1,045.88	1,284.20	1,000.22	1,303.64	1,261.80
Total	5,534.08	5,849.28	6,320.58	5,549.62	6,397.20	6,334.38

¹⁾Refer to the comment in Table 2.

E와 비교하여 약간 낮게 나타났다. 이는 홍삼이 백삼류에 비해 함량이 낮다는 결과와 일치하는 결과로서 인삼에 함유된 아미노산의 조성을 보면 조사자에 따라 각각의 아미노산 함량에 다소 차이가 있으나, 대체로 arginine의 함량이 높다는 특징이 있다(31). 본 실험에서 각 시료의 아미노산 중에서 arginine 함량이 모든 시료에서 높은 함량을 보였다.

조사포닌과 진세노사이드

Figs. 6, 7, 8은 A, B처리구와 F처리구의 크로마토그램이다. A처리구와 비교하여 B처리구는 유사한 피크를 나타내었으나 진세노사이드 함량이 증가함을 알 수 있었고, F처리구는 Rg₃의 검출을 확인할 수 있었다.

각 시료에 대한 진세노사이드(ginsenoside)-Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf, Rg₁, Rg₂, Rg₃와 조사포닌(crude saponin)의 분석 결과는 Table 4와 같다. 조사포닌의 경우는 A처리구가 4.02% B와 C처리구는 각각 4.77%, 4.12%이고, D처리구는

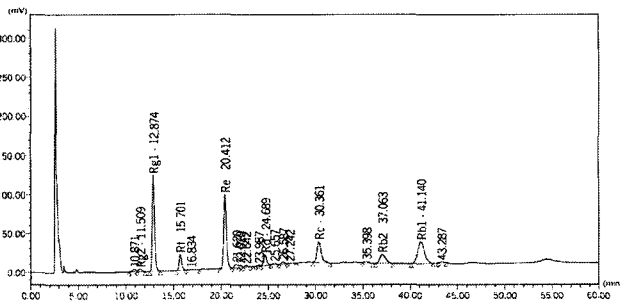


Fig. 6. HPLC chromatogram of ginsenoside of dried whole root ginseng slice at 70°C (A).

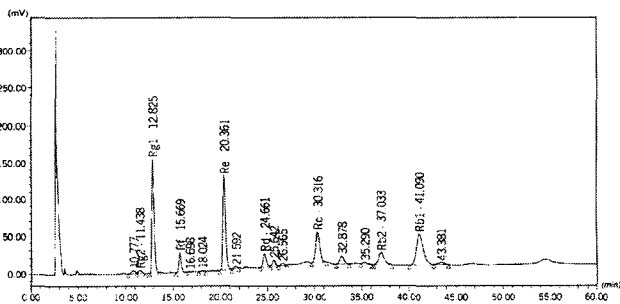


Fig. 7. HPLC chromatogram of ginsenoside of extruded dry whole root ginseng slice (moisture content: 25%, barrel temperature: 110°C, screw speed: 200 rpm) (B).

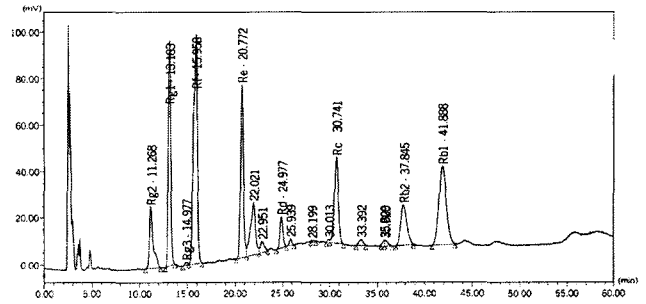


Fig. 8. HPLC chromatogram of ginsenoside of red ginseng (F).

3.56%, E처리구의 경우는 3.25%, F처리구는 4.02%로 조사되었다. 압출성형수삼 처리구 B, C에서 조사포닌의 함량이 높은 것은 압출성형을 통한 전단력에 의한 수삼 세포벽의 파열에 의한 조사포닌의 용출이 용이하도록 세포벽의 구조가 변형된 것이며 수분함량이 낮을 때 많은 변형을 일으킨 것으로 판단되었다. 인삼근 중 뇌두, 주근, 지근, 세근 등 부위별 조사포닌의 함량은 세근이 약 13%, 뇌두가 11%, 지근이 6.5%, 주근(동체)이 4%정도로 세근과 뇌두부위에 가장 많이 함유되어 있으므로(32) 피부백삼이 백삼보다 조사포닌 함량이 높았다.

총 진세노사이드(total ginsenoside)도 조사포닌(crude saponin)과 유사한 결과를 나타내었다. 즉 A처리구가 6.031 mg/g, B와 C처리구가 8.108 mg/g, 6.876 mg/g이고, D처리구는 7.978 mg/g, E처리구는 5.591 mg/g, F처리구는 9.834 mg/g로 조사되었다. B와 C처리구에서 조사포닌과 마찬가지로 수분함량이 25%인 B처리구가 함량이 높았다. D와 E처리구 역시 표피에 존재하는 D처리구에서 함량이 높게 나타났다. F처리구에서 홍삼특유 사포닌이라고 알려진 Rg₃를 함유하였다.

A처리구보다 B와 C처리구의 사포닌 함량이 증가한 이유는 70°C에서 건조한 수삼원료가 압출성형기 배럴내부를 통과할 때 열에너지와 기계적 에너지에 의한 전단력과 압력이 받아 사포닌의 전환이 증가하여 사포닌 양이 증가하는 것으로 판단되었다. D와 E처리구를 비교할 때 D처리구에서 Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf, Rg₁이 높게 측정되었고, E처리구의 경우에는 Rg₂의 함량이 높았다. 압출성형에 의해 사포닌의 성분은 증가될 수 있지만 본 실험의 압출성형조건에서 홍삼과 동일한 사포닌으로 전환은 미미한 것으로 판단되었다.

Table 4. Contents of crude saponin and ginsenoside components in samples

Treatment ¹⁾	Crude saponin (%)	Ginsenoside (mg/g)									Total
		Rb ₁	Rb ₂	Rc	Rd	Re	Rf	Rg ₁	Rg ₂	Rg ₃	
A	4.02	0.959	0.752	0.776	0.308	1.304	0.420	1.429	0.083	-	6.031
B	4.77	1.433	1.043	1.086	0.375	1.736	0.537	1.786	0.113	-	8.108
C	4.12	1.133	0.822	0.853	0.355	1.533	0.475	1.606	0.099	-	6.876
D	3.56	1.236	0.920	0.837	0.376	1.128	0.795	2.620	0.065	-	7.978
E	3.25	0.863	0.526	0.521	0.268	0.961	0.709	1.449	0.293	-	5.591
F	4.02	1.261	1.183	1.014	0.251	1.117	3.101	1.194	0.681	0.033	9.834

¹⁾Refer to the comment in Table 2.

말톨

Figs. 9, 10은 수분함량 25%, 배럴온도 110°C에서 건조수삼을 압출성형한 시료(B)와 홍삼(F)을 GC/MS상의 크로마토그램을 나타낸 것으로 각 처리구에서 말톨이 관찰되었다. 한편 A, C, D, E처리구에서는 크로마토그램 상에서 말톨을 찾을 수 없었다. 이것은 홍삼특유성분인 말톨이 압출성형공정에 의해 선택적으로 증가된다는 것을 보여준다.

인삼의 사포닌 혼합물 중에는 사포닌의 순수 분리제 과정에서 쉽게 제거되지 않고 불순물로 혼재하는 phenolic 물질들이 함유되어 있는데 그중 말톨 성분은 수삼에는 발견되지 않으며, 홍삼의 증숙과정중 열처리에 의해 2차적으로 생성되는 홍삼특유성분으로 알려져 있다(33). 말톨 성분은 활성산소에 의해 야기되는 생체조직 손상을 방어해주는 활성이 있으며(34), 인삼에 함유된 phenolic 성분인 p-coumaric acid는 혈소판 응집을 억제하고 arachidonic acid 대사를 조절하여 prostaglandin 생성을 억제하는 생리활성이 밝혀졌다(35).

산성다당체

각각의 처리구에 대한 산성다당체 함량은 Fig. 11과 같다.

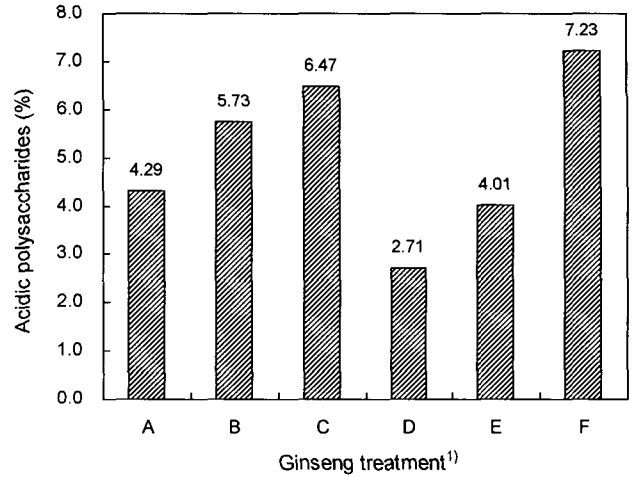


Fig. 11. Contents of acidic polysaccharides in ginseng samples.

¹)Refer to the comment in Table 2.

산성다당체함량은 A처리구 4.29%, B처리구 5.73%, C처리구 6.47%, D처리구 2.71%, E처리구 4.01%, F처리구 7.23%

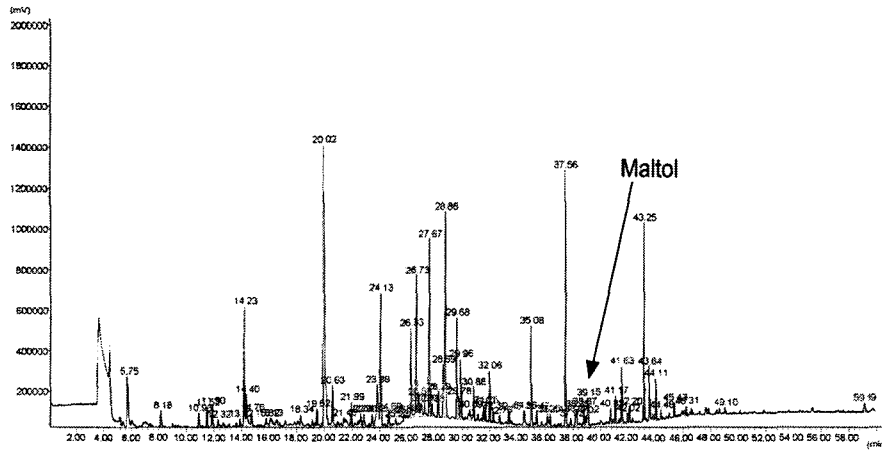


Fig. 9. GC/Mass chromatogram of maltol of extruded dry whole root ginseng slice (moisture content: 25%, barrel temperature: 110°C, screw speed: 200 rpm) (B).

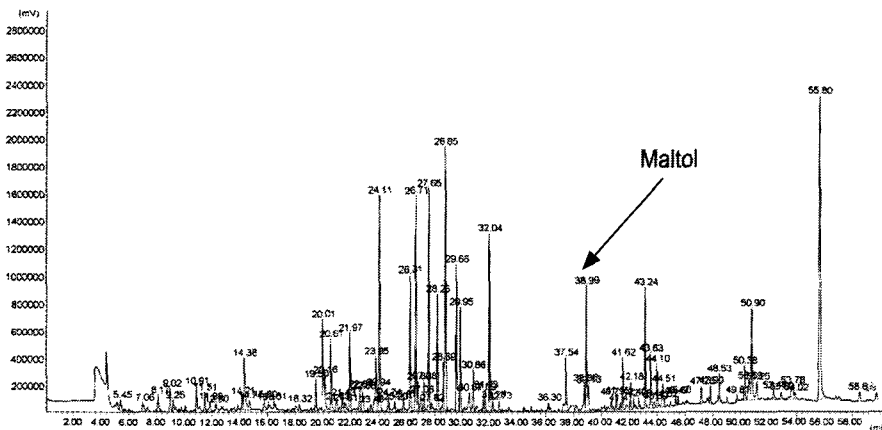


Fig. 10. GC/Mass chromatogram of maltol of red ginseng (F).

로 조사되었다. 인삼 산성다당체 함량 분포는 백삼보다 홍삼에서(35), 작은 인삼뿌리보다 굵은 뿌리 즉 미삼보다는 주근(동체부위)이 높은 것으로 알려져 있다. 이러한 결과는 본 실험에서 각각의 처리구의 산성다당체 함량과 일치하는 경향을 보였으며, 압출성형 수삼의 산성다당체 함량의 증가는 압출성형공정에 의해 세포벽과 같은 조직이 파열되어 산성다당체의 용출이 용이해진 결과로 판단되었다.

산성다당체 분석 결과에서는 압출성형에 의해서 함량이 약 2%정도의 증가를 확인할 수 있었고 수분함량이 30%인 C처리구가 더 높은 함량을 나타내었다. 또한 D처리구가 E처리구보다 함량이 낮은 이유는 표피를 제거하였기 때문이며 이것은 산성다당체의 성분함량 분포 때문이다. 산성다당체의 함량이 증가하는 것은 수삼내의 전분과 탄수화물이 압출성형공정으로 인해 열에너지와 기계적 에너지에 의한 전단력과 압력을 받아 추출율이 높아졌다는 사실을 알 수 있었다.

요 약

본 실험은 홍삼, 백삼, 압출성형 공정변수인 수분함량을 25%와 30%로 달리하여 제조한 압출성형수삼의 화학적 성분을 비교하였다. 조희분, 조지방, 총당의 경우 홍삼, 백삼, 압출성형수삼 간의 차이가 거의 나타나지 않았고, 환원당의 경우 백삼시료에서 다른 처리구보다 낮은 함량을 나타내었다. 아미노산은 수삼을 파쇄하여 70°C에서 건조한 수삼(A처리구)에서 낮은 함량을 나타내었고, 수분함량 25%, 배럴 110°C, 스크루 회전속도 200 rpm에서 압출성형한 수삼(B처리구)보다 수분함량 30%, 배럴 110°C, 스크루 회전속도 200 rpm에서 압출성형한 수삼(C처리구)이 높은 함량을 나타내었다. 조사포닌의 경우에는 A처리구가 4.02%, B와 C처리구가 4.77%, 4.12%이고, 수삼 표피를 제거하지 않은 피부백삼(D처리구)은 3.56%, 수삼 표피를 제거한 피부백삼(E처리구)의 경우는 3.25%, 홍삼(F처리구)은 4.02%로 조사되었다. 총 진세노사이드는 조사포닌의 경우와 유사한 결과를 나타내었다. 즉 A처리구가 6.031 mg/g, B와 C처리구가 8.108 mg/g, 6.876 mg/g으로 조사되었고, D처리구는 7.978 mg/g, E처리구의 경우는 5.591 mg/g, F처리구는 9.834 mg/g로 측정되었다. F처리구에서 홍삼특유 사포닌이라고 알려진 Rg₃가 측정되었다. 말톨의 경우에는 홍삼과 압출성형수삼 처리구에서만 관찰되었다. 산성다당체는 압출성형에 의해 2~3% 증가하였다. 결론적으로 압출성형수삼은 홍삼의 성분과 유사한 결과를 나타내었으며, 압출성형공정변수의 변화를 통해 홍삼에 포함된 홍삼특유 사포닌인 Rg₃도 전환될 수 있을 것으로 판단되었다.

감사의 글

본 연구의 일부는 2004년 신기술실용화기술개발사업(산

업자원부)의 연구비로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

문 헌

1. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute. 1994. *Korean ginseng: Chap. 5. Process of ginseng*. Korea Ginseng & Tobacco Research Institute. p 43-62.
2. The Society for Korean Ginseng. 1995. *Understanding of Korean Ginseng*. The Society for Korean Ginseng, Seoul. p 35-54.
3. 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.
4. Meuser F, Wiedmann W. 1989. Extrusion plant design. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM, eds. AACC, St. Paul, MN. p 91-155.
5. Ryu GH, Neumann PE, Walker CE. 1994. Effects of emulsifiers on physical properties of wheat flour extrudates with/without sucrose and shortening. *Lebensm Wiss Technol* 27: 425-431.
6. Ryu GH, Walker CE. 1994. Cell structure of wheat flour extrudates produced with various emulsifiers. *Lebensm Wiss Technol* 21: 432-436.
7. Ryu GH, Walker CE. 1995. The effects of extrusion condition on the physical properties of wheat flour extrudate. *Starch/Starke* 47: 33-36.
8. Ryu GH, Ng PKW. 2001. Effects of selected process parameters on expansion and mechanical properties of wheat flour and whole cornmeal extrudates. *Starch/Starke* 53: 147-154.
9. Ki HJ, Ryu GH, Park YK. 2001. Physical properties of extruded snack made of dried onion and onion pomace. *Korean J Food Sci Technol* 30: 64-69.
10. Ryu GH. 1995. Extrusion process by gas injection. *Food Sci Industry* 28: 30-41.
11. Ryu GH, Mulvaney SJ. 1995. Puffing of cornmeal with gas injection: Effect of sucrose and glyceryl monostearate (GMS). *Korean J Food Sci Technol* 27: 251-256.
12. Ryu GH, Kang SH, Lee EY, Lim ST. 1997. Effect of gas injection on properties of cornstarch extrudates. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 26: 436-442.
13. Ryu GH, Mulvaney SJ. 1997. Analysis of physical properties and mechanical energy input of cornmeal extrudates fortified with dairy products by carbon dioxide injection. *Korean J Food Sci Technol* 29: 947-954.
14. Ryu GH, Lee EY, Lim ST. 1999. Physical properties and process optimization of corn starch extrudates expanded with supercritical carbon dioxide injection. *Cereal Chem* 76: 63-69.
15. Kang SH, Ryu GH. 2001. Improvement in the Yukwa manufacturing by extrusion process with CO₂ gas injection. *Food Sci Biotechnol* 10: 1-6.
16. Ryu GH, Kim BS, Mulvaney SJ. 2002. Optimization of extrusion process for dairy ingredient fortification of cornmeal puffed via CO₂ gas injection. *Food Sci Biotechnol* 11: 552-556.
17. Ryu GH. 2003. Plant protein texturization by extrusion process. *Food Eng Progress* 7: 73-79.
18. Grafelman DD, Meagher MM. 1995. Liquefaction of starch by a single-screw extruder and post-extrusion static mixer reactor. *J Food Eng* 24: 529-543.
19. Solichien BW, Ryu GH, Kim DS. 2003. Preliminary study of enzymatic hydrolysis of corn starch in twin-screw extruder. 70th Annual Conference in Korean Society of Food Science and Technology. p 204.

20. Ryu GH. 1996. Effects of CO₂ gas injection on properties of extruded loose-fill packing materials. *JKOPAST* 2: 3-10.
21. Hwang JK, Kim CT, Hong SI, Kim CJ. 1994. Solubilization of plant cell walls by extrusion. *J Korean Soc Food Nutr* 23: 358-370.
22. Ryu GH. 1995. Treatment of Biji by extrusion-cooking and its utilization. *Korea Soybean Digest* 12: 43-48.
23. Ha DC, Lee JW, Do JH, Park CK, Ryu GH. 2004. Drying rate and physicochemical characteristics of dried ginseng root at different temperature. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 33: 741-746.
24. Ha DC, Kim BS, Byun EH, Lee JW, Ryu GH. 2004. Optimization of extrusion process variables for red ginseng manufacturing. 70th Annual Conference in Korean Society of Food Science and Technology. p 200.
25. AOAC. 1980. *Official methods of analysis*. 13th ed. Association of official analytical chemists, Washington.
26. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
27. Lee JW. 1997. Physicochemical characteristics and biological activities of the water soluble browning reaction products from Korean red ginseng. *PhD Dissertation*. Gyeongsang National Univ., Chinju, Korea.
28. Namba T, Yoshizaki M, Tomimori T, 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.
29. 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.
30. Ryu GH, Lee JW. 2003. Development of extrusion process on red ginseng from raw ginseng and its products. Final Report of Venture Research. Ministry of Health and Welfare, Seoul.
31. Yang L, Ye YH, Xing QY. 1991. Study of the water soluble constituents of Panax ginseng II. isolation and identification of isomeric oxidized glutathione from Panax ginseng. *Chinese Science Bulletin* 36: 1708-1710.
32. Kim MW, Ko SR, Choi KJ, Kim SC. 1987. Distribution of saponin in various sections of Panx ginseng root and changes of its content according to root age. *Korean J Ginseng Sci* 11: 10-16.
33. Han BH. 1978. Studies on the anti-oxidant components of Korea ginseng. Proc 2nd Int'l Ginseng Sym. Korea Ginseng Research Institute, Seoul, Korea. p 13-17.
34. Matsuura H. 1884. Studies of red ginseng. New glucosides and a note on the occurrence of maltol. *Chem Pharm Bull* 32: 4674-4677.
35. Okuda H. 1992. Inhibitory substances in Korean red ginseng toward toxohormone-L: A toxic substance secreted from tumor cells. *The Ginseng Review* 15: 34-37.

(2004년 11월 10일 접수; 2005년 1월 26일 채택)