

배럴온도와 스크루 회전속도에 따른 압출성형 수삼의 특성

하대철 · 이종원* · 김나미* · 류기형#

공주대학교 식품공학과, 한약재연구센터, *KT&G 중앙연구원
(2004년 4월 1일 접수, 2005년 4월 2일 수리)

Effect of Barrel Temperature and Screw Speed on Characteristics of Extruded Raw Ginseng

Dae-Cherl Ha, Jong-Won Lee* and Gi-Hyung Ryu#

Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Choongnam, 340-804, South Korea
Herbal Resource Research Center, Kongju National University, Yesan, Choongnam, 340-804, South Korea

*KT&G Research Institute, Yuseoung, Daejeon, 305-345 South Korea

(Received April 1, 2004, Accepted April 2, 2005)

Abstract : The objective of this study was to determine effects of the die temperature(100 and 120°C) and screw speed(200 and 300 rpm) on the characteristics of extruded raw ginseng such as crude saponin, ginsenosides, maltol and the color of powder. Crude saponin content increased after extrusion-cooking. Ginsenoside Rg₁ and Rg₂ that contained in red ginseng increased from 0.2275 mg/g to 0.2835 mg/g(Rg₁) and 0.1164 mg/g to 0.2230 mg/g(Rg₂) with the increase in die temperature from 100 to 120°C, which increased with the decrease in screw speed from 300 to 200 rpm. Maltol, specific component in red ginseng was detected in extruded ginseng. Total sugar content was not changed by extrusion process, however reducing sugar decreased with the increase in die temperature from 100 to 120°C. In conclusion extrusion process can be applied to red ginseng manufacturing by controlling extrusion process variables such as extrusion temperature and screw speed.

Key words : extrusion process, red ginseng manufacturing, saponin, ginsenoside, maltol.

서 론

압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위조작이 단시간에 연속적으로 압출성형기 배럴 내부에서 일어나므로 다른 열처리 공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다. 이러한 압출성형공정의 장점이 인식되어 1930년대부터 본격적으로 노동집약적인 기술의 해결방안으로 이용되었다.¹⁾ 특히 생물고분자의 가열공정에 압출성형공정을 적용할 경우 전열기 또는 가열매체로부터 공급되는 열에너지의 공급 이외에 스크루의 회전에 의해 투입되는 기계적 에너지를 받아 배럴 내부물질은 전단력을 받게 되고 사출구 부위에서 형성되는 압력을 받게 되므로 압출성형공정은 가열, 가압, 전단

력이 원료에 동시에 가해지는 연속공정이다.²⁾

생물고분자물질은 압출성형공정을 거치면서 가열, 압출성형기 내부에서 형성된 스틱에 의한 증삼, 가압, 전단력을 받게 된다. 또한 사출구를 통과할 때의 급격한 압력강하에 따른 상변화에 의한 수분의 비체적 증가에 따른 팽화와 함께 건조가 일어나게 된다. 이러한 압출성형공정은 홍삼제조的基本적인 단위공정인 가열, 증삼, 건조를 포함하게 된다. 홍삼제조공정을 보면 수삼의 세척, 찌기(90~100°C), 1차 건조(35~40%), 저장, 2차 건조(16% 내외), 정형을 거친다. 홍삼의 경우 저장성 향상과 사포닌의 변화, 아미노산의 변화, 갈변화 등이 수반되어 효능이 우수하다고 오랜 기간 국내·외에서 인식되고 있다.³⁾

홍삼제조공정에서 단위공정인 증삼, 가열, 건조를 압출성형공정을 이용할 경우 가열, 찌기 이외의 압력과 전단력이 홍삼 원료인 수삼에 작용하게 된다. 압출성형물의 성질은 원료의

#본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 041-330-1484; (팩스) 041-335-5944
(E-mail) ghryu@kongju.ac.kr

투입속도, 수분함량, 스크루 회전속도, 사출구와 스크루의 재원과 같은 공정변수의 조절에 따라 제어가 가능⁴⁾하므로 수삼을 압출성형할 경우 이와 같은 공정변수의 조절을 통해 압출성형 수삼의 특성변화가 가능할 것이다.

이러한 가열, 가압, 전단력이 단시간에 원료에 가해지는 압출성형공정은 식품가공에 널리 응용되어 다양한 특성을 가지는 제품이 생산되고 있다. 곡류를 팽화시킨 스낵제품^{5,6)}, 호화전분⁷⁾, 식물성단백질의 조직화⁸⁾, 생물고분자의 전환⁹⁾, 비지의 중간소재화¹⁰⁾ 등의 연구와 함께 식품과 생물산업에 다양하게 응용되고 있지만 홍삼제조와 인삼제품의 개발에 응용된 예는 없는 실정이다.

그러므로 본 연구는 압출성형공정을 홍삼제조에 적용하기 위하여 압출성형 공정변수인 배럴온도와 스크루 회전속도에 따른 압출성형 수삼의 사포닌, 진세노사이드(ginsenoside), 말톨(maltol), 분말의 색도의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

재 료

원료 수삼은 2001년 충남 금산에서 수확한 4년 근을 인삼 판매업체인 (주)고려인삼터에서 구입하여 사용하였다. 에탄올, 메탄올, 에테르는 1급 분석시약을 사용하였다.

압출성형시료의 조제

수삼을 이물질이 없을 때까지 4회 수세하여 1시간 동안 용기에 담아 물을 제거한 다음 소형 절편기(화진전공, 한국)를 사용하여 3분 동안 파쇄하였다. 파쇄수삼(수분함량 76.3% w.b.)을 열풍건조기(SM-60, 종로계기, 한국)를 사용하여 파쇄수삼을 100°C로 5시간 30분 동안 수분함량 15%로 건조한 시료를 압출성형하였다.

압출성형공정

건조한 수삼을 실험용 동방향 쌍축압출성형기(인천기계, 한

국)를 사용하여 압출성형을 하였다. 스크루의 L/D비는 25, 스크루 배열은 배럴내부의 건조수삼이 높은 전단력을 받도록 역피치 스크루를 사용하여 배열하였다(Fig. 1). 사출구의 직경은 2.0 mm, 건조수삼의 사입량과 수분함량은 150 g/min과 15%로 각각 고정하여 실험하였다.

배럴의 온도는 배럴부위에 부착된 전열기와 냉각 재킷으로 냉각수를 순환시켜 사출구 부위의 온도를 100°C와 120°C, 스크루 회전속도를 200과 300 rpm으로 각각 조절하여 4가지의 압출성형 수삼을 제조하였다.

압출성형 수삼은 건조과정 중의 변화를 최소화하기 위하여 50°C에서 건조하여 수분함량을 10% 이하로 조절하여 분쇄한 시료를 냉장고에 보관하여 성분을 분석하였다.

일반성분분석

수분은 105°C 건조법¹¹⁾, 총당과 환원당은 dinitrosalicylic acid(DNS)법¹²⁾으로 각각 분석하였다.

말 톨

시료 5 g에 80% 메탄올 100 mL를 가하여 70°C에서 1시간 간격으로 2회 추출하여 여과지(Whatman no. 41)로 여과한 여액을 모아서 증류수 50 mL과 에틸아세테이트 50 mL을 가하여 흔들어서 상층을 분리시킨 후 40°C에서 감압 농축하였다. 농축액에 HPLC용 메탄올 1 mL을 가하여 플라스크 속의 농축액을 용해시켜 바이알에 담아 분석하였다.

말톨(maltol) 표준품 5 mg을 메탄올 1 mL에 용해시켜 표준용액으로 하고 검액 및 표준액 각 10 µL을 박층크로마토그래프용 실리카겔 판에 점적한 다음 hexan-acetic(4:1, V/V)을 전개용매로 하여 약 10cm 전개 후 염화제2철(FeCl₃)시액을 고르게 뿌리고 110°C에서 5분간 가열한 후 발색된 말톨 표준품과 시료의 색상 및 이동거리를 비교하였다.

조사포닌 함량

조사포닌의 분리 및 정제는 Namba 등¹³⁾ 과 Ando 등¹⁴⁾의

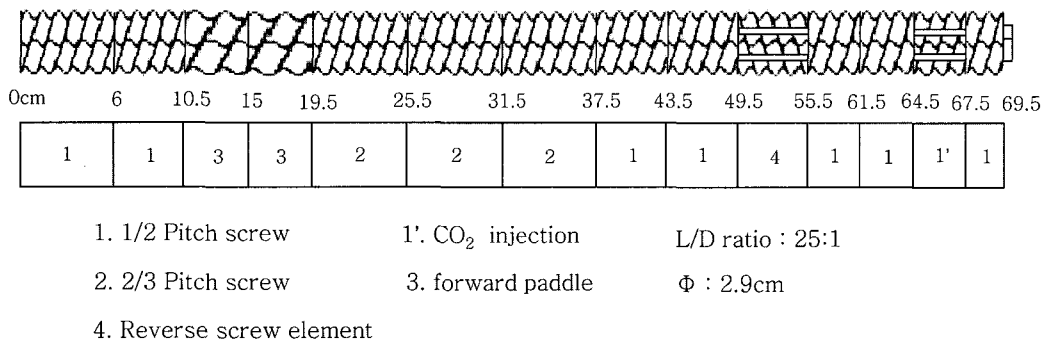


Fig. 1. Screw configuration for conversion of raw ginseng root to red ginseng powder.

Table 1. Operating conditions of HPLC for analysis of ginsenosides

Items	Conditions
Column	Lichrosorb NH ₂ (Merck Co. 10 μm, 4 mm ID × 250 mm)
Mobile phase	Acetonitrile/ distilled water/ n-Butanol (80 : 20 : 10%)
Flow rate	1.0 mL/min
Chart speed	0.5cm/min
Detector	RI-401 (differential refractometer)

수포화부탄을 추출법으로 정량하였다. 시료 5 g에 수포화부탄을 50 mL를 가하여 80°C에서 1시간 간격으로 3회 추출하여 여과지(Whatman no. 41)로 여과한 여액을 모아서 증류수 50 mL를 가하여 부탄올층을 완전히 분리시킨 후 감압 농축하였다. 농축액에 에틸에테르 50 mL를 가하여 환류냉각장치를 사용하여 36°C에서 30분간 탈지하고 감압농축 후 105°C에서 30분 건조한 무게를 조사포닌량으로 하였다.

진세노사이드 함량

조사포닌을 메탄올에 용해한 후 0.45 μm milipore filter로 여과하여 HPLC(ALC-224, USA)를 사용하여 Table 1의 조건으로 분석하였다. 진세노사이드 Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf, Rg₁, Rg₂ 함량은 HPLC 크로마토그램 상의 피크면적을 검량선과 대조하여 계산하였다.

박층 크로마토그래프

진세노사이드 확인을 위해서 조사포닌의 일정량을 메탄올에 용해시켜 silica gel 판에 점적(spotting)하고, 전개용매로는 클로로포름 : 메탄올 : 물(65 : 35 : 10, V/V)의 아래층으로 하여 전개시킨다. 전개후 황산용액(30%)을 분무하고 110°C에서 5분간 가열하여 발색시켜 각각의 분리된 사포닌을 확인하였다.

분말의 색도

분쇄한 압출성형 수삼가루 색도는 색도계(Chromameter CR-200, Japan)를 사용하여 명도(L*)=97.67, 적색도(a*)=

-0.57, 황색도(b*)=+2.70인 백색판을 표준값으로 하여 각각의 색도를 측정하였다. 총색도차(ΔE)는 $[(L^*-L)+(a^*-a)+(b^*-b)]^{1/2}$ 에 대입하여 계산하였으며 3회 측정된 평균값으로 나타내었다.

결과 및 고찰

사포닌 성분

압출성형물의 이화학적 특성에 가장 영향을 미치는 압출성형 공정변수는 수분함량, 배럴 온도분포, 스크루 회전속도, 원료사입속도 등이 있다. 배럴 온도분포는 압출성형기 내부물질의 반응속도 특히 갈변에 크게 영향을 미친다. 전분질 곡류의 가공에서 압출성형온도의 증가와 함께 갈변도는 증가하는 경향이 있다.¹⁵⁾

압출성형 공정변수 배럴온도와 스크루 회전속도에 따른 수삼압출성형물에 포함된 진세노사이드(ginsenoside) Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf, Rg₁, Rg₂ 함량을 Table 2에 나타내었다. 예비실험을 통해 수분함량과 원료사입속도는 15%와 150 g/min로 각각 고정하였다. 사출구온도와 스크루 회전속도를 조합한 4개의 처리구 100°C와 200 rpm, 100°C와 300 rpm, 120°C와 200 rpm, 120°C와 300 rpm을 종속변수인 진세노사이드를 분산분석(ANOVA)하여 독립변수인 사출구온도와 스크루 회전속도의 영향을 검정하였다.

사출구온도(p<0.01)와 스크루 회전속도(p<0.01)는 유의적으로 Rb₁ 영향을 미쳤으며, Rb₁은 스크루 회전속도 200 rpm에서 사출구온도가 100°C에서 120°C로 증가함에 따라 1.139 mg/g에서 1.373 mg/g으로 증가하였다. 또한 사출구온도 120°C에서 스크루 회전속도가 300 rpm에서 200 rpm으로 감소함에 따라 0.673 mg/g에서 1.373 mg/g으로 증가하는 경향을 보였다. Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf도 사출구온도와 스크루 회전속도에 따라 생성량이 유의적으로 영향을 받았으며 (p<0.01), 스크루 회전속도가 300 rpm에서 200 rpm으로 감소함에 따라 Rb₂, Rc, Rd, Re, Rf는 증가하였으며 사출구온도가 100에서 120°C로 증가와 함께 역시 증가하는 경향을 나타내었다. 사출구온도의 증가와 함께 스크루 회전속도를

Table 2. Ginsenoside content of extruded ginseng(mg/g)

Extrusion process (Die temp./screw speed)	Rb ₁	Rb ₂	Rc	Rd	Re	Rf	Rg ₂	Rg ₁	PD ^a /PT ^b	TS ^c
100°C/ 200 rpm	1.139	0.353	0.664	0.294	1.008	0.252	0.318	0.133	1.60	3.98
100°C/ 300 rpm	0.684	0.286	0.453	0.272	0.784	0.172	0.137	0.100	1.55	2.79
120°C/ 200 rpm	1.373	0.436	0.791	0.329	1.128	0.276	0.383	0.144	1.52	4.86
120°C/ 300 rpm	0.673	0.253	0.546	0.269	0.821	0.212	0.184	0.102	0.75	4.06

^aPanaxadiol ginsenosides(Rb₁+Rb₂+Rc+Rd)

^bPanaxatriol ginsenosides(Re+Rf+Rg₁+Rg₂)

^cTotal saponins

300 rpm에서 200 rpm으로 감소함에 따라 분석한 진세노사이드의 함량이 증가하는 것을 알 수 있었다.

홍삼에 다량 포함된 Rg₁, Rg₂의 생성량도 사출구온도와 스크루 회전속도에 따라 영향을 받았으나(p<0.05), Rb₁을 비롯한 다른 진세노사이드보다 유의성이 낮았다. Rg₁과 Rg₂는 사출구온도를 100°C에서 120°C로 증가함에 따라 0.2275 mg/g에서 0.2835 mg/g(Rg₁), 0.1164 mg/g에서 0.2230 mg/g(Rg₂) 증가하였고, 스크루 회전속도를 300 rpm에서 200 rpm으로 감소시켰을 때 Rg₁은 0.1605 mg/g에서 0.3505 mg/g, Rg₂는 0.0010 mg/g에서 0.1384 mg/g으로 증가하였다.

스크루 회전속도를 300 rpm에서 200 rpm으로 감소시켰을 때 진세노사이드 함량이 유의적으로 증가하는 것은 스크루 회전속도의 감소에 따라 체류시간이 증가하게 되어 진세노사이드의 함량의 변화가 있는 것으로 판단되었다.

또한 사출구 부위온도 100~120°C와 스크루 회전속도 200~300 rpm의 실험범위에서 진세노사이드의 생성량은 유의적으로 변화하였다. 사출구온도와 스크루 회전속도 이외에 수분함량을 비롯한 압출성형 공정변수에 따른 압출성형 수삼에 함유된 홍삼성분에 대한 실험의 필요성이 있었다.

조사포닌 함량은 사출구온도 100°C와 스크루 회전속도 200 rpm에서 6.180%, 100°C와 300 rpm에서 6.156%, 120°C와 200 rpm에서 5.984%, 120°C와 300 rpm에서 6.586%로 압출성형을 거치지 않은 건조수삼 대조구에서 5.984%와 비교하여 조사포닌 함량은 증가하였다(Fig. 2).

6종의 표준 사포닌(Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rg₁)을 박층크로마토그래프(thin-layer chromatography)로 Fig. 3에 나타내

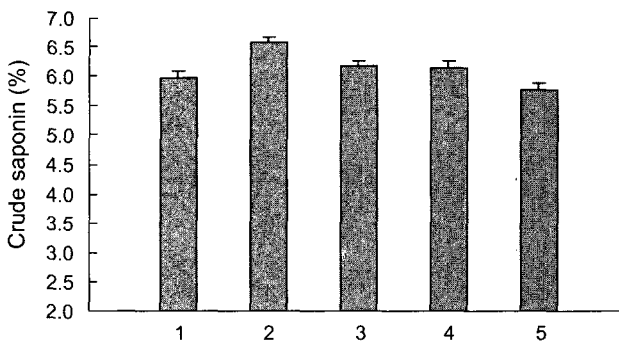
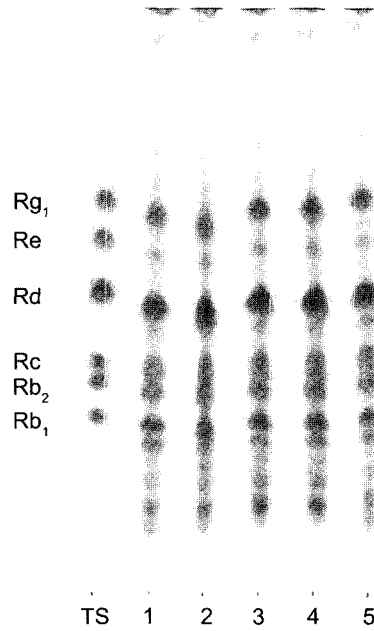


Fig. 2. Crude saponin content at different die temperature and screw speed.

1. Ginseng extruded barrel temperature at 120°C and screw speed at 200 rpm
2. Ginseng extruded barrel temperature at 120°C and screw speed at 300 rpm
3. Ginseng extruded barrel temperature at 100°C and screw speed at 200 rpm
4. Ginseng extruded barrel temperature at 100°C and screw speed at 300 rpm
5. Dried ginseng(control)



TS : total 6 saponins(Rb₁, Rb₂, Rc, Rd, Re, Rg₁)

Fig. 3. Thin layer chromatogram for six saponins in extruded ginseng.

1. Ginseng extruded barrel temperature at 120°C and screw speed at 200 rpm
2. Ginseng extruded barrel temperature at 120°C and screw speed at 300 rpm
3. Ginseng extruded barrel temperature at 100°C and screw speed at 200 rpm
4. Ginseng extruded barrel temperature at 100°C and screw speed at 300 rpm
5. Dried ginseng(control)

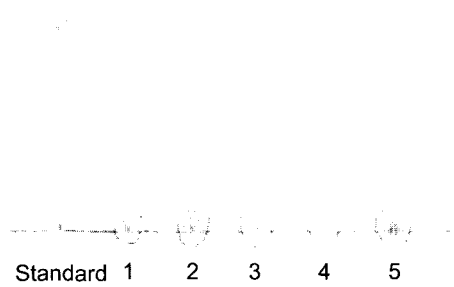


Fig. 4. Thin layer chromatogram of maltol in extruded ginseng.

1. Ginseng extruded barrel temperature at 120°C and screw speed at 200 rpm
 2. Ginseng extruded barrel temperature at 120°C and screw speed at 300 rpm
 3. Ginseng extruded barrel temperature at 100°C and screw speed at 200 rpm
 4. Ginseng extruded barrel temperature at 100°C and screw speed at 300 rpm
 5. Dried ginseng(control)
- Standard : Maltol standard(5 mg) dissolved in methanol 1 mL

Table 3. Non-saponin content of extruded ginseng.

Extrusion process (Die temp./screw speed)	Total sugar	Reducing sugar	Powder color			
			Lightness (L)	Redness (a)	Yellowness (b)	Color difference
100°C/ 200 rpm	48.59	7.57	97.45	-1.89	7.33	4.84
100°C/ 300 rpm	45.59	7.18	97.16	-0.21	5.74	3.44
120°C/ 200 rpm	51.11	6.53	95.72	0.33	1.80	2.40
120°C/ 300 rpm	42.35	6.20	91.81	0.90	2.76	6.06
Dried ginseng	54.22	6.66	99.83	-0.36	7.91	5.84

었다. 각각의 6종의 표준사포닌이 압출성형조건으로 처리한 압출성형 수삼에 존재하였으며, 압출성형을 하기 위하여 건조한 수삼시료에도 6종의 표준사포닌이 존재하는 것을 알 수 있었다.

말톨

말톨은 수삼이나 백삼에는 함유되지 않고 홍삼에 다량 함유된 성분으로 항산화효과 및 노화 억제 효과가 있다고 밝혀진 비사포닌계 화합물이다.¹⁶⁾ 압출성형공정을 통해 표준 말톨 용액인 대조구에 있는 스포트와 동일한 지점에서의 스포트가 1~5시료에서 모두 나타났으므로 1~5시료 모두 말톨성분이 존재한다는 사실을 알 수 있었다(Fig. 4).

당과 색도

Table 3은 압출성형 공정변수에 따른 총당, 환원당과 분말의 색도를 나타낸 것이다. 사출구의 온도가 100°C에서 120°C로 증가함에 따라 총당의 함량은 크게 변화가 없었지만 환원당은 온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 이것은 온도의 증가와 함께 갈변이 증가하게 되므로 갈변반응에 환원당이 소모되어 환원당의 함량이 감소하는 것으로 사료되었다. 그러나 스크루 회전속도에 따른 환원당의 유의적인 변화는 없었다.

압출성형 사출구온도가 100°C에서 120°C로 증가함에 따라 명도는 감소하고 적색도, 갈색도, 색도차이는 증가하는 경향을 보였다. 환원당과 마찬가지로 스크루 회전속도의 변화에 따라서 유의적인 색도의 변화를 나타내지 않았다.

결론적으로 압출성형 공정변수인 배럴 스크루 회전속도를 변화시켜 진세노사이드의 생성량을 변화시킬 수 있다는 것을 알 수 있었다. 사출구 부위온도 100~120°C와 스크루 회전속도 200~300 rpm의 실험범위에서 진세노사이드의 생성량의 유의적으로 변화하였다. 사출구온도와 스크루 회전속도 이외에 수분함량을 추가한 압출성형 공정변수에 따른 압출성형 수삼의 홍삼성분에 대한 실험의 필요성이 있었다. 또한 압출성형공정을 통해 조사포닌 함량이 증가하는 것으로 보아 사포

닌의 압출성형공정 동안 조사포닌의 변화가 있는 것을 알 수 있었다. 또한 홍삼에 다량 함유된 성분으로 알려진 말톨을 압출성형 수삼에서 확인할 수가 있었다. 이러한 결과를 통해 홍삼에 함유된 성분을 압출성형 수삼에서 확인할 수가 있었다.

요 약

본 실험은 수분함량 15%로 건조한 수삼을 사출구온도(100°C와 120°C), 스크루 회전속도(200과 300 rpm)에서 압출성형처리하여 조사포닌, 진세노사이드, 말톨, 환원당, 색도와 같은 홍삼성분의 변화를 분석하였다. 압출성형공정을 통해 조사포닌 함량이 증가하는 것으로 보아 사포닌의 압출성형공정 동안 생성되는 것을 알 수가 있었다. 홍삼에 존재하는 진세노사이드 Rg₁과 Rg₂는 사출구온도를 100°C에서 120°C로 증가함에 따라 0.2275 mg/g에서 0.2835 mg/g(Rg₁), 0.1164 mg/g에서 0.2230 mg/g(Rg₂) 증가하였고, 스크루 회전속도를 300 rpm에서 200 rpm으로 감소시켰을 때 진세노사이드 Rg₁과 Rg₂는 증가하는 경향을 나타내었다. 또한 수삼이나 백삼에는 함유되지 않고 홍삼에만 함유된 특이성분으로 알려진 말톨을 압출성형 수삼에서 확인할 수가 있었다. 사출구의 온도가 100°C에서 120°C로 증가함에 따라 총당의 함량은 크게 변화가 없었지만 환원당은 온도가 증가할수록 감소하는 경향을 보였다. 결론적으로 사출구온도와 스크루 회전속도 이외의 압출성형 공정변수의 조절을 통해 압출성형공정을 홍삼제조공정에 적용할 수 있는 가능성을 알 수가 있었다.

인용문헌

1. Rauwendaal, C. : Polymer extrusion. p. 22-55. Hanser Publishers, New York (1986).
2. Harper, J.M. : Extrusion of Foods. p. 3-6. CRC Press, Boca Raton, FL (1981).
3. Nam, K.Y. : Recently Korean ginseng (Components and efficiency). p. 225-253. Korean ginseng tobacco institute (1996).

4. Meuser, F. and Wiedmann, W. : Extrusion plant design. p. 91-155. In : Mercier, C., Linko, P. and Harper, J.M. (ed), *Extrusion Cooking*. AACC, St. Paul, MN (1989).
5. Toft, G. : Snack foods: Continuous processing techniques. *Cereal Foods World* **24**, 142-143 (1979).
6. Ryu, G.H., Kim, B.S. and Mulvaney, S.J. : Optimization of extrusion process for dairy ingredient fortification of corn-meal puffed via CO₂ gas injection. *Food Sci. Biotechnol.* **11**, 552-556 (2002).
7. Miller, R.C. : Low moisture extrusion : Effects of cooking moisture and product characteristics. *J. Food Sci.* **50**, 249-253 (1985).
8. Aguilera, J.M. and Stanley, D.W. : Extrusion processing as applied to proteinaceous materials. p.131-141. In : Maguer, M. and Jelen, P. (ed), *Food Engineering and Process Applications Vol. 7*. Elsevier Applied Science Publishing, London, England (1986).
9. Linko, P. : Extrusion cooking in bioconversion. p. 235-245. In: Mercier, C., Linko, P. and Harper, J.M. (ed). *Extrusion Cooking*. AACC, St. Paul, MN (1989).
10. Ryu, G.H. : Treatment of Biji by extrusion-cooking and its utilization. *Korea Soybean Digest* **12**, 43-48 (1995).
11. Association of Official Analytical Chemists : Methods of analysis of the AOAC 13th ed Horwitz, W., AOAC, Washington (1980).
12. Colowick, S.P. and Kaplan, N.O. : Methods in enzymology. p. 149. 1st ed. Academic Press, New York (1955).
13. Namba, T., Yoshizaki, M., Tomimori, T., Kobashi, K., Matsui, K. and Hase, J. : 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 (1974).
14. Ando, T., Tanaka, O. and Shibata, S. : 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 (1971).
15. Sahagun, J.F. and Harper, J.M. : Effects of screw restrictions on the performance of an autogenous extruder. *J. Food Proc. Eng.* **3**, 199-216 (1980).
16. Han, B.H., Park, M.H., Han, Y.N. and Suh, D.Y. : Chemical and biochemical study on non-saponin constituents of Korean ginseng. *Korean J. Ginseng Sci.* **16**, 228-234 (1992).