

압출성형백삼의 이화학적 성질과 당화특성에 대한 연구

한재윤 · 이양순¹ · 류기형

공주대학교 식품공학과, ¹공주대학교 식품영양학과

Studies on Characteristics of Physicochemical Properties and Saccharification of Extruded White Ginseng

Jae-Yoon Han, Yang-Soon Lee¹ and Gi-Hyung Ryu

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

¹Department of Food Nutrition, Kongju National University

Abstract

The purpose of this study was to compare the physicochemical properties and saccharification characteristics for white ginseng, red ginseng and extruded white ginseng at various conditions. The extrusion conditions were barrel temperature of 100, 120, and 140°C and moisture content of 20 and 30%. Crude ash and protein content of ginseng extrudates were not changed by extrusion. Crude fat content decreased after extrusion process. Reducing sugar content of red ginseng was highest(126.83 mg/g) and extruded white ginseng(140°C, 20%) was lowest(41.49 mg/g). Total sugar content of white ginsengs increased through extrusion process. Crude saponin content of red ginseng was highest with 51.93 mg/g. Crude saponin content of white ginseng increased through extrusion. The effect of moisture content was more significant than barrel temperature in increasing crude saponin content. Brownness and redness of extruded white ginsengs increased at high barrel temperature and low moisture content. Water soluble index and water absorption index increased with increase in barrel temperature and decrease in moisture content. Saccharification rate constant of extruded white ginseng at 100°C barrel temperature and 20% moisture content was the highest(9.5592 mg/mL · hr^{1/2}).

Key words: extruded white ginseng, physicochemical properties, extrusion process, saccharification

서 론

인삼은 우리나라를 비롯한 동양에서 건강증진 기능을 가진 전통적인 약재로 이용되고 있는 대표적인 식물로서 항암기능, 당뇨병 개선, 위궤양 예방과 치유, 두뇌활동 촉진, 노화방지 등에 탁월한 효과가 확인되었다(Okuda & Yoshida, 1980). 최근에는 생활수준 향상으로 건강에 대한 관심이 높아지면서 인삼을 이용한 기호식품으로 인삼차, 인삼주, 인삼 드링크, 인삼캡슐 등 다양한 제품이 개발되고 있다(Goh et al., 1999). 그러나 고가의 원료라는 이유로 대부분의 제품들이 소량의 인삼 또는 인삼농축물을 혼합하여 가공하는 형태의 인삼제품들이 주류를 이루고 있는 실정이다.

압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단

위조작이 단시간에 일어나는 단일공정으로, 다른 열처리 가공공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다(Haper, 1989). 압출성형 독립변수는 원료투입속도, 수분함량, 스크루 회전속도, 사출구의 구조, 스크루 배열에 따라 조절이 가능하며, 이러한 독립변수의 조절을 통하여 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있다(Meuser & Wiedmann, 1989).

국외에서는 압출성형기를 효소 반응기로 이용하여 옥수수전분을 액화시키기 위해 스크루 회전속도와 배럴온도를 최적화한 연구(Roussel et al., 1991)가 있었고, Zhan et al.(2006)은 임계탄산 주입 압출성형공정을 적용하여 호화시킨 수수를 알코올 발효했을 경우 에탄올 발효수율이 압출성형하지 않은 수수보다 크게 향상되었다는 연구결과를 보고하였다. 국내에서는 압출성형을 통한 밀가루 전분질의 분자구조 변화와 알코올 발효 효율에 관한 연구결과가 Lee et al.(1991)에 의해 보고되었다.

인삼의 압출성형에 대한 연구는 압출성형 건조수삼의 성분을 비교한 연구(Ha & Ryu, 2005)가 있었고, 배럴온도와 스크루 회전속도에 따른 압출성형 수삼의 이화학적 특성을

Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Chungnam 340-802 South Korea
Tel: 82-41-330-1484; Fax: 82-41-335-5944
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr

비교하였을 때 홍삼화가 가능함을 보여준 보고(Ha et al., 2005)도 있었다. 최근에는 압출성형 미삼분말을 제조하여 수용성 성분의 추출수율과 추출물의 성분 분석에 대한 연구결과(Jee et al., 2006)가 발표되었으며, Han et al.(2006)은 백삼을 압출성형하였을 때 효소처리에 의한 인삼전분의 액화당화율이 30배까지 증가한다는 연구결과를 발표하였다.

본 연구에서는 압출성형을 이용한 인삼 전분의 전처리가 인삼의 발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 배럴온도와 수분함량을 조절하여 백삼을 압출성형하였다. 압출성형백삼의 기본적인 물리화학적 특성을 비교하였으며, 알코올 발효의 기질이 되는 글루코오스의 생성속도를 알아보기 위하여 당화특성 및 당화속도상수를 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 인삼은 충남 금산에서 재배가공한 4년 근 백삼과 홍삼분말을 동명인삼(경동시장, 서울)에서 구매하여 사용하였으며, 수분함량은 각각 7.84±0.03, 9.57±0.28%로 측정되었다.

압출성형 백삼의 제조

압출성형백삼의 제조에 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 쌍축 동방향 압출성형기(THK3IT, Incheon Machinery Co., Korea)이며 스크루 직경은 29.0 mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 25:1이며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 배럴온도와 수분함량에 따른 압출성형백삼의 특성을 알아보기 위하여 배럴온도는 100/100/80°C, 120/120/80°C, 140/140/80°C로 조절하였으며, 수분함량은 20, 30%로 조절하였다. 스크루 회전속도는 200 rpm, 원료사입량은 120 g/min로 고정하였고, 직경이 1 mm인 사출구 3개를 열어 압출성형하였다. 압출성형백삼 시료는 50°C의 열풍건조기(HB-502MP, HanBaek Co., Korea)에서 6시간 건조하였으며, 건조시료는 가정용 분쇄기(FM-681, Hanil, Korea)로 분쇄한 다음, 50 mesh 표준체(Testing sieve, Chung-gye Sanggong Co., Korea)를 통과한 분말을 분석 및 당화 및 발효용 시료로 사용하였다.

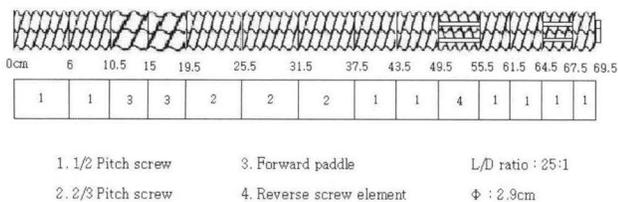


Fig. 1. Screw configuration for extruding ginseng (Model THK 3IT).

일반성분 분석

인삼분말의 일반성분분석은 AOAC법(1990)에 따라 수분은 105°C 상압건조법, 조지방은 Soxhlet 추출법, 조단백은 semi-micro-Kjeldahl법, 조회분은 직접회화법으로 정량하였다.

환원당

인삼분말의 환원당 함량은 DNS법(Miller, 1959)으로 측정하였다. 인삼분말 1 g을 증류수 50 mL에 녹여 진탕한 후 Whatman No.1 여과지로 여과한 후 여액에 증류수를 가하여 100 mL로 정용하여 시료액을 만들었다. 시료액 1 mL에 DNS 시약 3 mL를 혼합하여 끓는 물에서 5분간 반응시키고, 얼음물에서 15분간 급속 냉각하였다. 반응액은 증류수를 가하여 25 mL로 정용한 후 분광광도계를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 검량곡선을 이용하여 작성하였다. 환원당 함량의 검량곡선은 글루코오스를 이용하여 작성하였다.

총 당

인삼분말의 총당은 phenol-H₂SO₄법(Dubois et al., 1956)으로 정량하였다. 건조분말 시료 2 g에 70% 에탄올 50 mL를 가하여 80°C에서 2시간 환류냉각 추출하고, Whatman No. 2 여과지로 여과한 여액에 증류수를 가하여 500 mL로 정용하여 시료액을 만들었다. 시료액 1 mL에 5% 페놀 수용액 1 mL를 가한 다음 진한 황산(98%, v/v) 5 mL를 가하여 혼합하고 15분간 상온에서 방치하여 반응시킨 후 분광광도계를 이용하여 550 nm에서 흡광도를 측정하여 검량곡선을 이용해 정량하였다. 총당 함량의 검량곡선은 글루코오스를 이용하여 작성하였다.

총아미노산

총아미노산 함량을 측정하기 위하여 Ninhydrin방법(Doi et al., 1981)을 사용하였다. 인삼분말 1 g에 증류수 50 mL를 가하여 진탕하였다. Whatman No.2 여과지로 여과한 후 여액에 증류수를 가하여 500 mL로 정용한 시료액 0.2 mL에 ninhydrin 시약 0.4 mL를 가하여 20분간 가열하여 반응시켰다. 반응액을 얼음물에서 급속냉각 시킨 후 acetone, 0.1 M-Na₃PO₄, 증류수를 2:1:2 비율로 혼합한 희석제 1 mL를 가하여 570 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 검량곡선은 leucine을 사용하여 작성하였다.

조사포닌

조사포닌(crude saponin)함량은 Namba et al.(1974)와 Ando et al.(1971) 등의 수포화 부탄올 추출법에 준하여 측정하였다. 시료 5 g에 수포화부탄올 50 mL를 가하여 80°C에서 1시간 환류냉각추출 한 후 Whatman No. 41 여과지로 여과하고, 다시 잔유물에 수포화부탄올 50 mL를 가하는 조작을 2회 반복하여 추출액을 만들었다. 추출액에

증류수 50 mL를 가하여 분액여두에서 방치시킨 후 상층액과 하층액이 완전히 분리가 되면 상층액만 회수하여 감압농축 후 농축물에 에틸에테르 50 mL를 가하여 36°C에서 30분 동안 환류냉각추출을 하였다. 에틸에테르 추출액을 감압농축하고 105°C에서 2시간 동안 건조시킨 후 조사포닌 함량을 측정하였다.

갈색도와 적색도

갈색도와 적색도는 Chang & Chang(2001)의 방법을 수정하여 측정하였다. 인삼분말 5 g을 70% 에탄올 30 mL를 가하여 80°C에서 1시간 추출한 후 원심분리기(Mega 21R, Hanil Science Industrial Co., Korea)를 사용하여 5,000×g에서 10분간 원심분리한 상정액을 분광광도계(Libra S35, Biochrom Co., England)를 사용하여 440 nm(갈색도)와 520 nm(적색도)에서 측정한 흡광도를 비교하였다.

수분용해지수와 수분흡착지수

인삼분말의 수용성 성질을 분석하기 위하여 Anderson et al.(1969)의 방법을 응용하여 수분용해지수(water soluble index, WSI)와 수분흡착지수(water absorption index, WAI)를 측정하였다.

수분용해지수는 시료 1 g(건량기준)에 증류수 25 mL를 가하여 30°C의 항온수조(SHWB-30, Woori Science Instrument Co., Korea)에서 30분간 진탕교반한 후 원심분리기(H-1000-3, Hanil Science Industrial Co., Korea)에서 2,000 ×g로 20분간 원심분리하였다. 원심분리 후 회수된 상정액을 알루미늄접시에 부어 105°C의 열풍건조기(HB-502MP, HanBaek Co., Korea)에서 2시간 동안 건조하였다. 건조된 시료를 데시케이터에 담아 30분간 방냉하여 상온으로 맞춘 후 고형분의 무게를 측정하여 건조시료에 대한 백분율로 나타내었다(Equation 1).

수분흡착지수는 상정액을 제외한 침전물의 무게를 평량하여 건조시료 g 당 흡수된 수분량으로 표시하였다

(Equation 2).

$$WSI(\%) = \frac{\text{Dry solid wt. recovered by evaporating the supernatant} \times 100}{\text{Dry sample wt.}} \quad (1)$$

$$WAI(g/g) = \frac{\text{Hydrated Sample wt.} - \text{Dry sample wt.}}{\text{Dry sample wt.}} \quad (2)$$

당화특성

인삼분말 10 g과 증류수 100 mL를 각각 혼합하였다. 개량누룩과 증류수를 1:3 비율로 혼합한 누룩혼합액을 1시간 동안 방치한 후 인삼현탁액에 5 mL씩 접종하였다. 발효(당화)조건은 27°C에서 정치배양을 하였고, 8시간 동안 2시간 간격으로 인삼당화액을 5 mL씩 채취하였다. 당화시간에 따른 인삼당화액은 4°C에서 보관한 다음 원심분리기(Mega 21R, Hanil Science Industrial Co., Korea)로 5,000 × g에서 15분간 원심분리하여 상정액의 환원당 함량을 DNS법(Dubois et al., 1956)으로 측정하여 당화특성을 확인하였다.

당화속도상수

당화속도상수(saccharification rate constant)는 환원당 함량의 증가량이 가장 많은 당화 0시간부터 4시간까지의 구간을 다시 1시간 간격으로 환원당 함량을 측정하여 환원당 함량 변화를 계산하여 당화속도상수(k)를 구하였다(Han et al., 2007). 당화속도상수(k)는 Higuchi모델(Higuchi, 1963)을 응용하여 당화시간의 제곱근에 따른 환원당 증가량의 1차식 기울기로부터 구하였다(Equation 3).

$$R_t - R_0 = k\sqrt{t} \quad (3)$$

R₀ : Initial reducing sugar content(mg/mL)

Table 1. Chemical properties of various ginsengs

Ginseng sample	MC ¹⁾	Crude ash	Unit: %(dry base)	
			Crude fat	Crude protein
White ginseng	7.85±0.02	3.59±0.01	1.077±0.064	10.78±0.25
EG ²⁾ (100°C ³⁾ , 20% ⁴⁾)	7.60±0.14	3.73±0.02	0.111±0.011	10.85±0.03
EG(120°C, 20%)	8.61±0.16	3.72±0.13	0.214±0.004	11.54±0.11
EG(140°C, 20%)	7.28±0.13	3.72±0.05	0.317±0.006	11.43±0.05
EG(100°C, 30%)	9.12±0.02	3.54±0.07	0.054±0.005	10.79±0.13
EG(120°C, 30%)	8.32±0.05	4.00±0.19	0.291±0.021	10.88±0.12
EG(140°C, 30%)	7.67±0.08	3.99±0.09	0.431±0.033	11.91±0.13
Red ginseng ⁵⁾	9.57±0.29	4.55±0.18	0.845±0.011	11.04±0.06

¹⁾Moisture content
²⁾Extruded white ginseng
³⁾Extrusion barrel temperature
⁴⁾Extrusion moisture content
⁵⁾Control

R_t : Reducing sugar content at saccharification time(mg/mL)

k : Saccharification rate constant(mg/mL·hr^{1/2})

t : Saccharification time(hr)

결과 및 고찰

압출성형백삼의 화학적 특성

인삼분말의 일반성분은 Table 1에 나타내었다. 조회분은 홍삼분말이 9.57±0.29%로 가장 높게 측정되었으며, 백삼과 백삼 압출성형물의 조회분 함량은 약 3.50-4.00%의 함량으로 압출성형공정을 통한 조회분의 변화는 나타나지 않았다. 조지방 함량은 백삼분말이 1.08±0.06%로 가장 높았으며, 홍삼분말(0.84±0.01%), 백삼 압출성형물(0.05-0.43%)의 순서로 나타났다. 백삼을 압출성형하였을 때 조지방 함량의 감소는 압출성형공정을 통하여 백삼의 조지방 함량이 감소함을 확인할 수 있었다. 조단백질 함량은 10.78-11.54%로 시료간의 함량차이는 크지 않았다.

각 인삼분말의 환원당, 총당, 총아미노산, 조사포닌 함량은 Table 2와 같다. 환원당 함량은 백삼이 61.68±0.48 mg/g이었으며, 수분함량 20%, 배럴온도 140°C에서 압출성형한 백삼이 41.49±1.20 mg/g으로 가장 낮았고, 홍삼이 126.83±10.32 mg/g으로 가장 높았다. 백삼 압출성형물 중에서는 배럴온도 120°C, 수분함량 30% 압출성형백삼이 85.92±1.30 mg/g으로 가장 높았다. Ha & Ryu(2005)는 수삼을 배럴온도 110°C로 고정하고 수분함량을 25%, 30%로 조절하여 압출성형하였을 때 수분함량이 증가함에 따라 환원당 함량이 미세하게 증가하였다고 보고하였는데 본 연구에서도 수분함량이 30%일 때 배럴온도 120, 140°C에서 압출성형한 백삼 압출성형물은 환원당함량이 미세하게 증가하는 유사한 결과를 나타내었다. 압출성형백삼의 환원당 증가는 압출성형 과정 중에 가해지는 열과 수분에 의한 전분의 호화와 스크루의 회전과 마찰열에 의한 전분사슬의 절단으로 인한 것으로 판단되었다. 수분함량을 20%로 조절하여 압출성형하였을 때 배럴온도가 증가할수록 환원당의 함량이 감소하였는데 이는 배럴온도가 높아질수록 갈변화가 많이

진행되어 환원당의 감소가 증가하는 것으로 판단되었다.

당은 환원당과 비환원당으로 나눌 수 있으며 이를 합하여 총당(전당)이라고 한다. 총당의 함량은 홍삼이 366.10±7.07 mg/g로 가장 높았으며, 백삼이 190.50±2.82 mg/g로 가장 낮았다. 백삼 압출성형물의 총당 함량은 약 250-300 mg/g로 압출성형공정을 통하여 최소 25%, 최대 50% 가량 증가함을 나타내었다. Jang & Moon(2005)은 인삼의 다당체가 홍삼 제조 과정중의 하나인 증숙에 의해 가용화되기 쉬운 상태로 되어 더 많은 양이 추출되는 것이라 보고하였다. 본 실험에서도 총당의 함량은 홍삼이 백삼보다 75%가량 높게 측정되었으며, 압출성형공정 역시 열처리와 수분 조절에 의하여 총당의 함량이 증가된 것으로 판단된다. 배럴온도 100°C, 수분함량 20%인 백삼 압출성형물이 300.25±10.18 mg/g으로 가장 높았으며, 배럴온도가 증가할수록, 수분함량이 감소할수록 총당의 함량은 증가하는 것으로 확인되었다.

Ha & Ryu(2005)는 인삼의 아미노산은 수분함량이 낮을 경우 압출성형공정을 통해 투입되는 기계적 에너지의 열에너지 전환율이 높고(Meuser & Wiedmann, 1989) 전단력이 높게 작용한 결과로 아미노산이 변성되어 다른 성분으로 전환되어 감소한다고 보고하였다. 하지만 본 실험에서 인삼분말의 총아미노산 함량은 약 35-40 mg/g으로 각 시료간의 큰 차이를 확인할 수 없었다.

인삼 사포닌성분은 인삼의 주요 생리활성물질 중의 하나로써 다양한 약리효능과 생리활성이 밝혀져 인삼 품질평가의 지표성분으로 활용되고 있다(Hwang & Oh, 1984). 백삼의 조사포닌 함량은 31.10±0.10 mg/g으로 가장 낮았고, 홍삼은 51.93±2.30 mg/g으로 가장 높았다. 백삼 압출성형물은 약 40.97-49.66 mg/g으로 압출성형을 통하여 조사포닌 함량이 증가함을 확인할 수 있었다. 백삼 압출성형물은 수분함량 20%에서는 배럴온도가 증가할수록 높았으며, 수분함량 30%에서는 배럴온도가 감소할수록 낮았다. 수분함량 30%에서 압출성형한 백삼 압출성형물의 조사포닌 함량이 수분함량 20%에서의 백삼 압출성형물보다 조사포닌 증가량이 높았다. Jee et al.(2006)은 수분함량 25%, 배럴온도 155°C에서 압출성형한 인삼미삼의 사포닌 함량이 72%

Table 2. Content of total sugar, reducing sugar, total amino acid and crude saponin of various ginsengs

Unit: mg/g(dry base)

Ginseng samples	Reducng sugar	Total sugar	Total amino acid	Crude saponin
White ginseng	61.68±0.48	190.50±2.82	35.63±1.60	31.10±0.10
EG(100°C, 20%)	64.55±0.78	300.25±10.18	39.37±1.40	40.97±7.13
EG(120°C, 20%)	55.14±0.87	252.21±7.04	35.24±5.43	41.87±2.29
EG(140°C, 20%)	41.49±1.20	230.23±8.29	38.18±3.14	47.92±2.05
EG(100°C, 30%)	57.75±0.79	253.87±2.40	36.40±1.68	49.66±0.31
EG(120°C, 30%)	85.92±1.30	238.93±1.59	38.17±3.03	48.14±4.74
EG(140°C, 30%)	78.03±1.53	238.17±11.75	40.21±2.58	45.47±1.00
Red ginseng	126.83±10.32	366.10±7.07	36.59±1.00	51.93±2.30

까지 증가하였다는 보고를 하였고, Ha et al.(2005) 역시 배럴온도와 스크루 회전속도를 조절하여 압출성형하였을 때 수삼의 사포닌 함량이 증가한다는 보고를 하였다. 본 연구에서도 압출성형을 통하여 조사포닌의 함량이 최대 70%까지 증가하는 유사한 결과를 나타내었다.

압출성형백삼의 물리적 특성

인삼분말의 물리적 특성을 알아보기 위하여 갈색도와 적색도, 수분용해지수와 수분흡착지수를 측정하였으며 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

압출성형물의 이화학적특성에 가장 영향을 미치는 압출성형 공정변수는 수분함량, 배럴온도, 스크루 회전속도, 원료사입속도 등이 있다. 여기서 배럴온도는 압출성형기 내부물질의 반응속도 특히 갈변에 크게 영향을 미친다. 전분질 원료의 가공에서 압출성형온도의 증가와 함께 갈변도는 증가하는 경향이 있다(Sahagun & Harper, 1980). 인삼에서 갈색도와 적색도의 변화는 인삼과 홍삼의 중요한 유효성분인 사포닌과 사포닌 변형체인 진세노사이드(ginsenoside) 함량 변화의 지표가 될 수 있다(Kim & Ryu, 2005).

본 연구에서는 백삼을 압출성형하였을 때 갈색도와 적색도가 증가하는 것이 확인되었다. 원료 백삼의 갈색도는 0.612 ± 0.056 , 적색도는 0.313 ± 0.037 이었다. 압출성형을 통하여 백삼의 갈색도는 최대 2.803 ± 0.342 (수분함량 20%, 배럴온도 140°C)까지 증가하였으며, 적색도 역시 0.711 ± 0.088 (수분함량 30%, 배럴온도 140°C)까지 증가하였다. 홍삼(갈색도 2.375 ± 0.045 , 적색도 0.713 ± 0.020)과 비교하였을 때 압출성형 공정변수를 조절하여 백삼의 갈변화를 홍삼과 유사 또는 그 이상으로 증가시킬 수 있음을 확인하였다. Kim & Ryu(2005)는 배럴온도를 고정하고 수분함량과 스크루 회전속도를 조절한 압출성형 건조수삼을 비교하였을 때 수분함량이 30%에서 20%로 감소함에 따라 갈색도가 1.619에서 2.315로 43%가량 증가하였다고 보고하였다. 본 실험에서도 수분함량을 30%에서 20%로 감소하였을 때 각 배럴온도(100, 120, 140°C)에서 갈색도가 증가하는 유사한

결과를 나타내었다.

원료 백삼은 압출성형 공정을 통하여 수분용해지수와 수분흡착지수가 증가함을 확인할 수 있었다. 원료 백삼의 수분용해지수는 $25.52 \pm 0.13\%$ 로 압출성형을 하였을 때 수분함량 20%, 배럴온도 140°C 의 조건에서 압출성형한 백삼 압출성형물의 수분용해지수는 $51.03 \pm 2.70\%$ 까지 증가하였다. 수분용해지수는 수분함량 30%, 배럴온도 120°C 에서 6.10 ± 0.20 으로 가장 높게 나타났다. 수분용해지수는 수분함량이 30%에서 20%로 감소하고, 배럴온도가 증가할수록 높았으며, 수분흡착지수는 수분함량이 증가할수록 높아졌으며, 배럴온도에 따른 영향은 확인할 수 없었다. 홍삼의 수분용해지수는 $45.41 \pm 0.41\%$, 수분흡착지수는 4.48 ± 0.08 로 측정되었다.

Jin et al.(2005)은 압출성형을 통하여 곡류의 수용성지수가 증가한다는 연구결과를 보고하였다. 또한 Jee et al.(2006)은 수분함량 25%, 배럴온도 155°C 에서 압출성형한 인삼미분의 수분용해지수가 100%이상 증가함을 보고하였고, Kim & Ryu(2005) 역시 압출성형 건조수삼의 수분용해지수와 수분흡착지수가 수분함량에 따라 유의적인 영향을 받았다는 유사한 연구결과를 보고하였다. 본 결과에서도 압출성형백삼의 수분용해지수와 수분흡착지수가 증가하였으며, 수분함량이 감소할수록 수분용해지수가 증가하였고, 수분함량이 증가함에 따라 수분흡착지수가 증가하는 유사한 결과를 나타내었다.

압출성형백삼의 당화특성과 당화속도상수

맥주, 청주, 탁주 등의 양조주 제조에서 이용되는 발효법은 전분의 당화작용과 알코올 발효를 거치는 복발효(複醱酵)이다. 양조효모는 복발효 과정 중에서 당화에 의해 생성된 글루코오스를 사용하여 에너지를 얻고, 에틸알코올과 이산화탄소를 분비한다(Kim et al., 2006).

이러한 이유로 전분질을 원료로 하는 알코올 발효에서 글루코오스의 생성량과 속도는 중요한 요소이다. 그래서 당화특성과 당화속도는 알코올 발효 적성을 비교할 수 있는 지표중의 하나로 볼 수 있다.

당화특성에 대한 결과는 Fig. 2와 같다. 초기 인삼 현탁액의 환원당 함량은 백삼(5.93 ± 0.08 mg/mL)이 가장 낮았고, 수분함량 30%, 배럴온도 120°C 에서 압출성형한 압출성형백삼(21.56 ± 0.22 mg/mL)이 가장 높았다. 홍삼 현탁액의 환원당 함량은 18.72 ± 0.33 mg/mL로 측정되었다. 압출성형백삼은 17.15-21.56 mg/mL 사이의 함량을 나타내었다.

8시간 당화시킨 인삼현탁액의 환원당 함량은 백삼 15.14 ± 0.17 mg/mL, 홍삼 35.40 ± 0.34 mg/mL로 측정되었고, 압출성형백삼은 최소 36.81 ± 0.04 mg/mL(수분함량 20%, 배럴온도 100°C)에서 최대 41.35 mg/mL(수분함량 20%, 배럴온도 140°C)까지 증가하였다. 초기 환원당 함량에서 당화 8시간까지의 증가량은 수분함량 20%에서 배럴온도를

Table 3. Physical properties of various ginsengs

Ginseng samples	Browness (420nm)	Redness (520nm)	WSI ¹⁾ (%)	WAI ²⁾
White ginseng	0.612 ± 0.056	0.313 ± 0.037	25.52 ± 0.13	3.80 ± 0.11
EG(100°C , 20%)	1.499 ± 0.119	0.446 ± 0.034	41.32 ± 1.05	3.67 ± 0.06
EG(120°C , 20%)	1.610 ± 0.059	0.630 ± 0.032	41.58 ± 1.15	3.85 ± 0.07
EG(140°C , 20%)	2.803 ± 0.342	0.707 ± 0.100	51.03 ± 2.70	3.64 ± 0.33
EG(100°C , 30%)	1.155 ± 0.186	0.476 ± 0.106	26.02 ± 2.71	5.10 ± 0.37
EG(120°C , 30%)	1.557 ± 0.071	0.636 ± 0.028	26.62 ± 1.51	6.10 ± 0.20
EG(140°C , 30%)	2.011 ± 0.079	0.711 ± 0.088	32.12 ± 1.48	5.02 ± 0.17
Red ginseng	2.375 ± 0.045	0.713 ± 0.020	45.41 ± 0.41	4.48 ± 0.08

¹⁾Water soluble index

²⁾Water absorption index

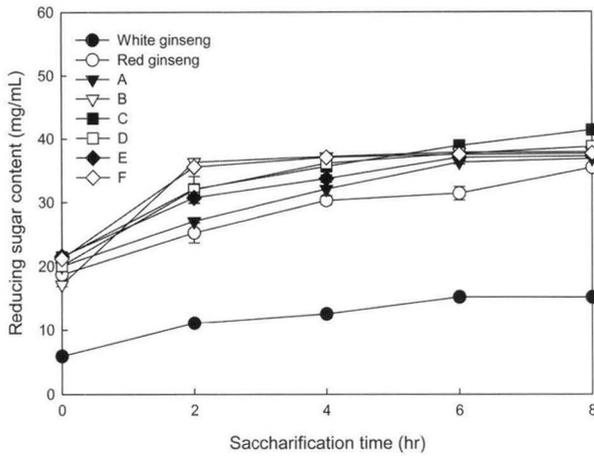


Fig. 2. Changes in reducing sugar content of ginseng suspensions during saccharification at 27°C.

A: EG 100-20(extruded white ginseng at barrel temperature 100°C, moisture content 20%), B: EG 120-20, C: EG 140-20, D: EG 100-30, E: EG 120-30, F: EG 140-30

120°C와 140°C로 조절한 백삼 압출성형물이 각각 20.05 mg/mL, 19.93 mg/mL로 높았으며, 백삼 압출성형물의 환원당 증가량은 9.21 mg/mL로 가장 낮았다.

수삼을 압출성형하였을 때 셀룰레이스, 글루코아밀레이스, 아밀레이스를 첨가한 처리구에서 10시간 이후에 환원당 전환율이 30배까지 증가했다는 보고(Han et al., 2006)가 있었고, 본 연구에서도 백삼을 압출성형하였을 때 백삼 압출성형물의 환원당 증가량이 더 커지는 유사한 결과를 나타내었다. 하지만 누룩을 사용한 본 실험의 환원당 전환율이 비교적 낮게 측정된 이유는 정제된 효소가 아닌 누룩이 분비하는 효소를 이용한 환원당 생성이기 때문에 초기 환원당 농도 및 당화시간 동안의 환경에 따른 효소분비의 차이로 인해 당화율이 낮은 것으로 판단되었다.

백삼, 홍삼, 배럴온도와 수분함량을 달리한 압출성형백삼의 당화시간의 제곱근과 환원당 함량의 관계를 Fig. 3에 나타내었으며, 기울기로부터 구한 당화속도상수는 Table 4와 같다. 백삼의 당화속도상수는 백삼이 3.5689 mg/mL·hr^{1/2}로 가장 낮았고, 수분함량 20%, 배럴온도 100°C에서 압출성형한 백삼이 9.5592 mg/mL·hr^{1/2}로 가장 높았다. 백삼을 압출성형함으로써 당화속도상수가 2배 이상 증가함을 확인할 수 있었다. 압출성형백삼의 당화속도상수는 배럴온도 100, 120°C에서는 수분함량이 증가하였을 때 감소하였고, 배럴온도 140°C에서는 수분함량이 증가함에 따라 당화속도상수가 증가하였다. 또한 동일한 수분함량에서는 배럴온도가 낮을 경우 당화속도상수가 더 큰 것을 확인할 수 있었다. Han et al.(2007)은 배럴온도의 증가에 따라 압출성형백삼의 당화속도가 증가한다고 보고하였는데, 이는 Han et al.(2007)의 실험에 사용된 원료 백삼의 살균과정에서 방사선 조사에 의한 인삼 전분의 변형(Kuhm et al.,

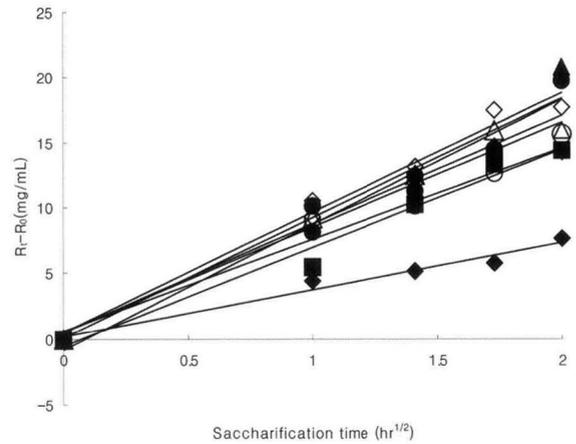


Fig. 3. Relationship between increased reducing sugar content and root saccharification time of various ginsengs.

White ginseng (◆ : $y=3.5689x+0.2007$, $R^2=0.9734$), red ginseng (■ : $y=7.5116x-0.5709$, $R^2=0.9770$), EG(extruded white ginseng) 100°C, 20%(▲ : $y=9.5592x-0.8766$, $R^2=0.9502$), EG 120°C, 20%(● : $y=9.1767x+0.0456$, $R^2=0.9757$), EG 140°C, 20%(◇ : $y=6.9865x+0.5985$, $R^2=0.9773$), EG 100°C, 30%(□ : $y=9.1795x+0.4724$, $R^2=0.9830$), EG 120°C, 30%(△ : $y=8.0549x+0.4432$, $R^2=0.9914$), EG 140°C, 30%(○ : $y=8.2625x+0.4582$, $R^2=0.9772$).

Table 4. Saccharification rate constant of various ginsengs

Ginseng samples	Moisture content (%)	Barrel temp. (°C)	Saccharification rate constant (mg/mLhr ^{1/2})
White ginseng	-	-	3.5689
Red ginseng	-	-	7.5116
Extruded white ginsengs	20	100	9.5592
		120	9.1767
		140	6.9865
		100	9.1795
	30	120	8.0549
		140	8.2625

2004)이 초기 환원당 함량과 당화속도상수에 영향을 미친 것으로 판단된다. 각각 일차식에서의 절편은 본 실험에 사용된 인삼의 초기 환원당 함량이 다르기 때문이다.

Moon et al.(1988)은 생 타피오카전분과 고온고압 압출성형 타피오카전분을 *Aspergillus usarii* 유래의 글루코아밀레이스에 의한 환원당 전환율을 보았을 때 압출성형 타피오카전분의 환원당 전환율이 더 높다는 결과를 보고하였는데 이는 본 실험의 결과와 유사하였다. 당화속도의 증가는 알코올 발효 초기에 알코올 생성량을 증가시킬 수 있는 중요한 요인으로 판단된다.

요 약

본 연구에서는 대표적 건강식품인 인삼의 새로운 기능성 식품개발과 효율적인 공정 개발을 위하여 배럴온도와 수분

함량을 조절한 압출성형백삼을 제조하였고, 압출성형백삼의 물리·화학적 특성에 대한 비교와 당화특성 및 당화속도를 비교하였다. 압출성형백삼은 동방향 쌍축 압출성형기를 사용하여 제조하였다. 수분함량은 20, 30%로 조절하였으며, 배럴온도는 100, 120, 140°C로 조절하여 압출성형백삼을 제조하였다. 압출성형공정변수에 따른 조희분, 조단백질의 함량은 차이가 없었으나 조지방 함량은 압출성형백삼이 50% 이상 감소하는 것을 확인하였다. 환원당 함량은 홍삼이 126.83 mg/g으로 가장 높았고, 수분함량 20%, 배럴온도 140°C에서 압출성형한 백삼이 41.49 mg/g으로 가장 낮았다. 총당은 홍삼이 366.10 mg/g으로 가장 높았고, 압출성형을 통하여 백삼의 총당 함량이 25% 이상 증가함이 확인되었다. 총아미노산은 백삼, 홍삼, 압출성형백삼 모두 약 35-40 mg/g의 함량으로 큰 차이는 없었다. 조사포닌의 함량은 홍삼이 51.93 mg/g으로 가장 높았으며, 백삼이 31.10 mg/g으로 가장 낮았다. 백삼을 압출성형하였을 때 조사포닌 함량이 증가하였고, 수분함량이 증가할수록 조사포닌 함량이 증가하였다. 배럴온도에 따른 조사포닌 함량 증가는 확인되지 않았다. 압출성형백삼의 갈색도와 적색도는 배럴온도가 증가하고, 수분함량이 감소함에 따라 증가함을 확인 할 수 있었다. 수분용해지수와 수분흡착지수는 압출성형시 수분함량이 감소할수록 증가하였고, 수분용해지수는 배럴온도가 증가함에 따라 역시 증가하였다. 초기 환원당 함량에서 당화 8시간까지의 환원당의 증가량은 백삼, 홍삼과 비교하였을 때 압출성형백삼이 더 높았으며, 수분함량 20%, 배럴온도 140°C 백삼 압출성형물의 환원당이 20.05 mg/mL만큼 증가하여 당화력이 가장 높았다. 초기 4시간동안의 당화속도상수는 수분함량 20%, 배럴온도 100°C 백삼압출성형물이 9.5592 mg/mL·hr^{1/2}로 가장 크게 나타났다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부 지정 공주대학교 자원재활용 신소재 지역혁신센터의 지원에 의한 것이며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

- Anderson RA, Conway HF, Pfeifer VF and Griff EL. 1969. Gelatinization of corn grit by roll and extrusion cooking. *Cereal Sci. Today* **14**: 11-12
- Ando T, Tanaka O and 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
- AOAC. 1990. Official Methods of Analysis. 15th ed, Association of official analytical chemists. Washington DC pp.8-35
- Chang DI and Chang KS. 2001. Development of a process for manufacturing the best quality red ginseng. Final Report of ARPC. pp.170-178
- Doi E, Shibata D and Matoba T. 1981. Modified colorimetric ninhydrin methods for peptidase assay. *Anal. Biochem.* **118**: 173-184
- Dubois M, Gillers KA, Hamilton JK, Rebers PA and Smith F. 1956. Colorimetric method for determination of sugar and related substance. *Anal. Chem.* **28**: 350-352
- Goh JS, Chae YS, Gang CG, Kwon IK, Chio M and Park H. 1999. Effect of ginseng extracts on the acid production by lactic acid bacteria and the distribution of intestinal microflora of mouse. *J. Dairy Sci.* **15**: 216-225
- Ha DC and Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**: 247-254
- Ha DC, Lee JW and Ryu GH. 2005. Effect of barrel temperature and screw speed on characteristics of extruded raw ginseng. *J. Ginseng Res.* **29**: 107-112
- Harper JM. 1989. Food extruders and their application. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM (eds.). AACC, St. Paul, MN. pp.91-155
- Han JY, Jin T and Ryu GH. 2007. Comparison of fermentability and characteristics of fermented broths for extruded white ginseng at different barrel temperature. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **36**: 1211-1218
- Han JY, Kim MH, Jin T, Budiasih WS and 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
- Higuchi T. 1963. Mechanism of sustained-action medication. Theoretical analysis of solid dispersed in solid matrix. *J. Pharm. Sci.* **52**: 1145-1149
- Hwang WI and 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
- Jang SA and 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
- Jee HK, Cho YJ, Kim CT, Jang YS and Kim CJ. 2006. Increase of solubility of ginseng radix by extrusion cooking. *Korean J. Food Sci. Technol.* **38**: 361-368
- Jin T, Park HY and Ryu GH. 2005. Characteristics of cereal prepared by extrusion-cooking and freeze-drying. *Korean J. Food Sci. Technol.* **37**: 757-762
- Kim BS and Ryu GH. 2005. Properties of extracts from extruded root and white ginseng at different conditions. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* **34**: 306-310
- Kim MH, Park WJ, Oh NS and Lee HG. 2006. Traditional fermentation food. Boseong, Daejeon. pp.12-13
- Kuhm H, Lim JH, Lee EJ and Chang KS. 2004. Rheological properties of gamma irradiated arrowroot (*Pueraria thunbergiana* B) starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* **36**: 740-743
- Lee CH, Kim GM, Kim JY and Lim JG. 1991. Effect of extrusion-cooking on the molecular structure and alcohol yield of wheat starch. *Korean J. Food Sci. Technol.* **23**: 683-688
- Meuser F and Wiedmann W. 1989. Extrusion plant design. In *Extrusion Cooking*. Mercier C, Linko P, Harper JM (eds.). AACC, St. Paul, MN. pp.91-155

- Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal. Chem.* **31**: 426-428
- Moon HS, Kwon HJ and O PS. 1988. Studies on the alcohol fermentation with extruded tapioca starch. *Korean J. Appl. Microbiol. Bioeng.* **16**: 231-237
- Namba T, Yoshizaki M, Tominmori, Kobashi K, Matsui K and 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
- Okuda H and Yoshida K. 1980. Studies on the effect of ginseng component on diabetes mellitus. *Proc 3rd Int'l Ginseng Symp, Seoul.* pp.53-57
- Roussel L, Vielle A, Billet I and Cheffel JC. 1991. Sequential heat gelatinization and enzymatic hydrolysis of corn starch in an extrusion reactor. Optimization for a maximum dextrose equivalent. *Lebensm-Wiss. u-Technol.* **24**: 449-458
- Sahagun JF and Harper JM. 1980. Effect of screw restrictions on the performance of an autogenous extruder. *J. Food Proc. Eng.* **3**: 199-216
- Zhan X, Wang D, Bean SR, Mo X, Sun XS and Boyle D. 2006. Ethanol production from supercritical-fluid-extrusion cooked sorghum. *Ind. Crop. Prod.* **23**: 304-310

(접수 2008년 1월 7일, 채택 2008년 1월 30일)