

배럴온도에 따른 압출성형백삼의 발효적성 및 발효액의 특성 비교

한재윤 · 김 철 · 류기형[†]

공주대학교 식품공학과

Comparison of Fermentability and Characteristics of Fermented Broths for Extruded White Ginseng at Different Barrel Temperature

Jae-Yoon Han, Jin Tie and Gi-Hyung Ryu[†]

Dept. of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan 340-802, Korea

Abstract

The aim of this study was to compare the fermentability and characteristics of fermented broths for white ginseng, red ginseng and extruded white ginseng at 110°C (A), 120°C (B) and 130°C (C). The scanning electron microphotograph of B and C was uniform aircell distribution, but A had increased pore size and exploded some aircell's wall. Saccharification rate constant of C was the highest (10.123 mg/mL · hr^{1/2}). Fermentation temperature was 27°C for 30 days and the cultivation was fixed with *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus usamii*, and *Rhizopus japonicus*. The pH of red ginseng fermented broth was 3.79, which was the highest among the fermented samples. The fermented broth of B had the highest acidity (4.46%). The fermented broth of A had the highest reducing sugar content in ginseng suspensions (32.36 mg/mL). In ginseng fermented broths, reducing sugar content was decreased rapidly during the initial 5 days and alcohol content was increased during the initial 5 days. On the fifth day, the fermented broth of C showed the highest alcohol content (5.20%).

Key words: ginseng, extrusion process, ethanol fermentation, fermentability, microstructure

서 론

인삼은 우리나라를 비롯한 동양에서 여러 가지 건강증진 기능을 가진 전통적인 약재로 이용되고 있는 대표적인 식물로서 항암기능, 당뇨병 개선, 위궤양 예방과 치유, 두뇌활동 촉진, 노화방지 등에 대한 탁월한 효과가 확인되었다(1). 최근 생활수준 향상으로 건강에 대한 관심이 높아지면서 인삼을 이용한 기호식품으로 인삼차, 인삼주, 인삼 드링크, 인삼 캡슐 등 다양한 제품이 개발되고 있다(2). 그러나 고가의 원료라는 이유로 대부분 소량의 인삼 농축물이 혼합되어 가공되는 형태의 인삼가공품들이 주류를 이루고 있는 실정이다.

인삼은 60% 이상의 전분을 함유하고 있으므로 발효소재로서 많은 가능성이 있음에도 불구하고, 대부분의 인삼주는 소주 등의 알코올 도수가 높은 술에 인삼을 넣고 인삼성분을 우려내는 침출주 형태와 탁주 제조과정에서 소량의 인삼을 첨가하여 발효하는 발효주 형태가 주류를 이루고 있는 실정이다. Ann과 Lee(3)는 이러한 인삼주의 제조방법의 문제점들을 개선하기 위하여 인삼박과 홍삼을 첨가한 발효인삼주에 대한 연구결과를 보고하였다. 또한 인삼의 알코올 발효 외에도 Ann 등(4)은 인삼박, 홍삼박을 이용한 인삼, 홍삼식

초에 대한 연구결과를 보고하였고, Lee와 Paek(5)은 유산균을 이용한 인삼요구르트에 대한 연구결과를 보고하였다.

발효제품 중에서 알코올은 술의 주요성분이며 초산발효에서 초산균의 기질이 되는 중요한 성분이다. 발효과정에서 알코올 생성에 가장 큰 영향을 미치는 요인 중의 하나가 전분질 원료의 전처리이다. 전분질 원료를 사용한 알코올 발효는 원료의 분쇄, 증자, 당화 및 발효과정으로 이루어진다. 이 때 증자과정은 전분을 호화시켜 효소분해 작용이 용이하게 하는 과정으로 알코올 생산에 필요한 에너지의 30~40%가 소비되는 것으로 알려져 있다(6). 최근에는 원료전분을 증자하지 않고 더욱 경제적인 전처리방법을 찾는 많은 연구가 진행되었다. 열풍팽화공정을 이용한 벼와 보리의 알코올 발효성 비교에 대한 연구(7)가 있었으며, Woo 등(8)은 비열처리 보리와 볶음 열처리 보리의 알코올 발효특성을 비교하였을 때 볶음 열처리를 통한 보리가 알코올 발효율이 더 높다고 보고하였다. 또한 고온·고압 압출성형을 통하여 타피오카 전분을 전처리하였을 때 기존의 열처리공법에 비하여 당화율과 알코올 생성량이 월등히 높다는 연구결과도 있었다(9).

압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위

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

조작이 단시간에 일어나는 단일공정으로, 다른 열처리 가공 공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다(10). 압출 성형공정은 원료투입속도, 수분함량, 스크루 회전속도, 사출구의 구조, 스크루 배열에 따라 목적하는 제품의 특성을 조절할 수 있기 때문에 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있다(11).

국외에서는 압출성형기를 효소 반응기로 이용하여 옥수수 전분을 액화시키기 위해 스크루 회전속도와 배럴온도를 최적화한 연구(12)가 있었고, Zhan 등(13)은 임계탄산 주입 압출성형공정을 적용하여 호화시킨 수수를 알코올 발효했을 경우 에탄올발효수율이 압출성형하지 않은 수수보다 크게 향상되었다는 연구결과를 보고하였다. 국내에서는 압출성형을 통한 밀가루 전분질의 분자구조 변화와 알코올 발효 효율에 관한 연구결과가 Lee 등(14)에 의해 보고되었다.

인삼의 압출성형에 대한 연구는 압출성형 건조수삼의 성분을 비교한 연구(15)가 있었고, 배럴온도와 스크루 회전속도에 따른 압출성형 수삼의 이화학적 특성을 비교하였을 때 홍삼화가 가능함을 보여준 보고(16)도 있었다. 최근에는 인삼을 압출성형하였을 때 효소처리에 의한 인삼전분의 액화·당화율이 30배까지 증가한다는 연구결과(17)가 발표되었다. 그러나 압출성형 공정을 통한 인삼 및 기타 발효소재 개발에 대한 연구가 미흡한 실정이고, 압출성형을 통한 인삼의 알코올 발효적성에 대한 연구는 진행되지 않았다.

따라서 본 실험은 백삼, 홍삼, 배럴온도를 달리하여 제조한 압출성형백삼의 발효적성 및 발효액의 특성을 비교하기 위하여 인삼의 미세구조, 당화속도 및 발효액의 pH, 산도, 환원당함량, 알코올 함량 등의 변화를 살펴보았다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 인삼은 감마선 조사(7 kGy)로 살균한 4년근 백삼분말(동진제약, 충남 금산)과 홍삼분말(동진제약, 충남 금산)을 사용하였다. 시료의 수분함량은 백삼분말이 7.85±0.07%, 홍삼분말이 5.27±0.03%로 측정되었다. 발효에 사용된 누룩은 *Aspergillus usamii*와 *Rhizopus japonicus*가 포함된 바이오 누룩(한국효소(주), 경기 화성)을 사용

하였으며, 효모는 *Saccharomyses cerevisiae*(한국효소(주), 경기 화성)를 사용하였다.

압출성형 백삼

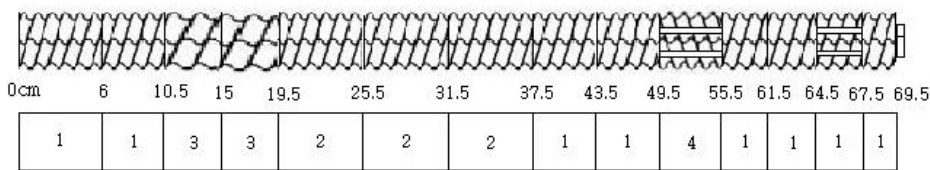
백삼가루의 압출성형에 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 쌍축 동방향 압출성형기(THK31T, Incheon Machinery Co., Korea)이며 스크루 직경은 29.0 mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 25:1이며 스크루 배열은 Fig. 1과 같다. 배럴온도에 따른 압출성형백삼의 알코올발효 특성을 알아보기 위하여 배럴온도는 110/110/80°C, 120/120/80°C, 130/130/80°C(배럴순서 1/2/3)로 조절하였다. 스크루 회전속도는 200 rpm, 수분함량은 20%, 원료사입량은 100 g/min로 고정하였고, 직경이 1 mm인 사출구 3개를 열어 압출성형하였다. 압출성형백삼 시료는 50°C의 열풍건조기(HB-502MP, Han Beak Co., Korea)에서 8시간 건조하였으며, 건조시료는 가정용 분쇄기(FM-681, Hanil, Korea)로 분쇄한 다음, 35 mesh 표준체(Testing sieve, Chung-gye Sanggong Co., Korea)를 통과한 분말을 분석 및 발효용 시료로 이용하였고, 분쇄되지 않은 시료는 압출성형백삼의 미세구조 분석용 시료로 사용하였다.

미세구조

배럴온도를 달리한 압출성형백삼을 80°C에서 12시간 건조시킨 후 알루미늄 판에 접착하여 gold-panlladium mix로 1분간 코팅하였다. 주사현미경(JSM-6335F, JEOL, Japan)을 이용하여 압출성형백삼의 절단면을 ×50, ×100 배율로 촬영하여 각 시료의 미세구조를 관찰하였다.

당화특성

인삼분말 10 g과 증류수 100 mL를 각각 혼합하였다. 개량 누룩과 증류수를 1:3 비율로 혼합한 누룩혼합액을 1시간 동안 방치한 후 인삼현탁액에 5 mL씩 접종하였다. 발효(당화) 조건은 27°C에서 정치배양을 하였고, 12시간 동안 2시간 간격으로 인삼당화액을 5 mL씩 채취하였다. 당화시간에 따른 인삼당화액은 4°C에서 보관한 다음 원심분리기(Mega 21R, Hanil Science Industrial Co., Korea)에서 1,554×g로 15분간 원심분리하여 상등액의 환원당 함량으로 당화특성을 확인하였다.



- 1. 1/2 Pitch screw
- 2. 2/3 Pitch screw
- 3. Forward paddle
- 4. Reverse screw element
- L/D ratio : 25:1
- Φ : 2.9cm

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

당화속도상수

당화속도상수는 12시간 동안 당화시킨 인삼현탁액의 환원당 함량을 측정한 결과에서 가장 증가폭이 큰 구간인 초기 30분부터 4시간까지의 환원당 함량 변화를 계산하여 당화속도상수(k)를 구하였다. 당화속도상수(k)는 Higuchi모델(18)을 응용하여 당화시간의 제곱근에 따른 환원당 증가량의 1차식 기울기로부터 구하였다(식 1).

$$R_t - R_0 = k\sqrt{t} \quad (1)$$

R_0 : Initial reducing sugar content (mg/mL)

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

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

t: Saccharification time (hr)

발효액의 제조

인삼분말 500 g과 증류수를 2,500 mL씩을 가하여 혼합한 후 각각의 혼합액에 개량 효모 2.5 g과 개량 누룩 6.5 g을 접종하였다. 발효조건은 27°C에서 정지배양을 하였으며, 30일간 발효하였다. 발효액은 5일 간격으로 200 mL씩 채취하였으며, 발효시간에 따른 발효액은 4°C에서 보관한 다음 원심분리기(Mega 21R, Hanil Science Industrial Co., Korea)에서 761×g로 20분간 원심분리하여 상등액을 분석시료로 사용하였다.

pH 및 산도 측정

발효액의 pH는 Microprocessor pH Meter(Hanna instruments, pH 213)를 이용하여 측정하였다.

산도는 식품공전(19)의 조미식품 식초 시험방법에 준하여 측정하였다. 발효액 10 mL를 증류수로 10배 희석하고 희석된 발효액 20 mL를 취하여 이 검액에 1% phenolphthalen alcohol 0.5 mL를 가한 후 0.1 N NaOH 용액으로 적정하여 옅은 홍색이 30초 유지되는 시점에서의 소비량을 측정하여 acetic acid percentage(%)로 환산하였다.

환원당 함량

환원당 함량은 DNS법(20)으로 정량하였다. 발효액 3 mL에 증류수를 가해 100 mL로 정용하여 희석하였다. 희석액 2 mL와 DNS 시약 6 mL를 혼합하여 끓는 물에서 5분간 반응시키고, 상온으로 급속냉각하였다. 반응액은 증류수를 가하여 50 mL로 정용한 후 550 nm에서 흡광도를 측정하였다. 환원당 함량의 검량곡선은 글루코오스를 이용하여 작성하였다.

알코올 함량

알코올 함량은 국제첨기술연구소 주류분석규정(21)에 의한 주정분 분석법과 산화·환원법(22)을 응용하여 측정하였다. 발효액 1 mL와 CaCO₃ 1 g, 증류수 200 mL를 혼합한 후 가열증류를 하였다. 증류액이 70~80 mL 정도 채워진

후 증류수를 이용해 100 mL로 정용하였다. 증류액 1 mL에 0.2 N 증류수산칼륨용액 2 mL와 진한 H₂SO₄ 1 mL를 혼합한 다음 냉암소에서 1시간 동안 반응시킨 후 590 nm 파장에서 흡광도를 측정하였다. 알코올 함량의 검량곡선은 에탄올을 이용하여 작성하였다.

결과 및 고찰

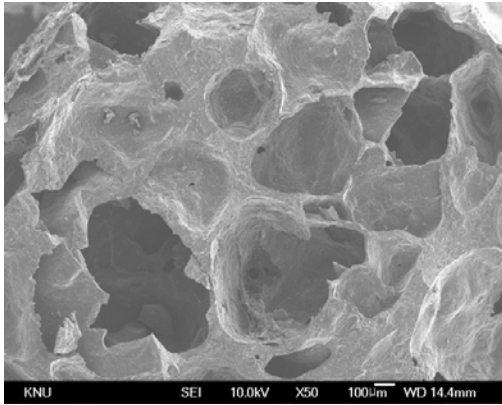
백삼 압출성형물의 미세구조

배럴온도 110°C, 120°C, 130°C에서 압출성형한 백삼 압출물 입자를 ×50, ×100 배율에서 관찰하여 그 미세구조를 Fig. 2, 3에 각각 나타내었다. 배럴온도 110°C에서 압출성형한 백삼의 경우 팽화와 함께 일부 과열된 기공벽이 확인되었고, 기공의 크기가 불균일하게 분포되었다(Fig. 2a, 3a). 배럴온도 120°C와 130°C에서 압출성형한 백삼은 팽화가 완전하게 일어나 작은 크기의 기공이 균일하게 분포되어 조직이 부서지기 쉬운 다공질의 구조를 보였다(Fig. 2b, 2c, 3b, 3c). Kim과 Ryu(23)는 사출구 온도 100°C와 115°C에서 압출성형한 백삼의 미세구조를 살펴보았을 때 압출성형 온도가 증가할 때 용융반죽점도 감소와 온도증가에 의한 기공 내부 수증기압의 증가에 의하여 115°C 압출성형백삼의 기공이 불균일해지며 과열된 기공벽을 확인할 수 있었다고 보고하였는데, 본 실험의 배럴온도 110°C에서 압출성형한 백삼은 불균일한 기공구조를 형성하는 결과와 유사하였다.

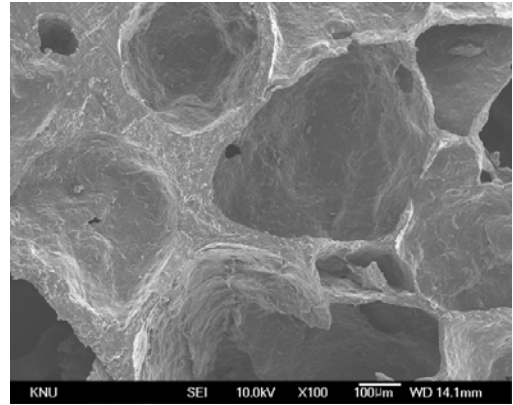
인삼의 당화특성 비교

백삼, 홍삼, 배럴온도를 달리한 압출성형백삼의 당화특성을 알아보기 위한 시간에 따른 환원당의 함량 변화는 Fig. 4와 같다. 초기 환원당 함량은 압출성형백삼, 홍삼, 백삼의 순서였으며, 압출성형백삼 중에서는 배럴온도 120°C(53.98 ± 0.15 mg/mL)가 가장 높았고, 110°C(50.89 ± 0.37 mg/mL), 130°C(50.44 ± 0.81 mg/mL)는 큰 차이를 나타내지 않았다. 12시간 동안 당화시킨 각 인삼현탁액의 환원당 함량은 백삼 32.83 mg/mL, 홍삼 48.86 mg/mL, 배럴온도 110°C 압출성형 백삼 54.67 mg/mL, 120°C 압출성형백삼 57.87 mg/mL, 130°C 압출성형백삼 58.94 mg/mL로 측정되었다. 당화시간 동안 환원당 증가량은 130°C 압출성형백삼이 22.66 mg/mL로 가장 높았으며, 홍삼이 15.48 mg/mL로 가장 낮았다.

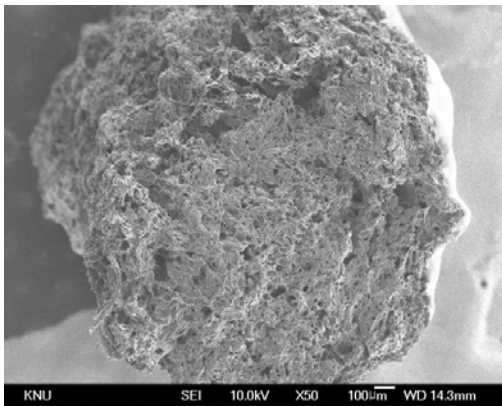
환원당은 알코올 발효에서 효모의 중요한 기질이 된다. 일반적으로 탁주 제조에서는 증자를 통한 전분의 호화 단계를 거친 후, 누룩이 생성하는 당화효소의 작용을 통한 당화 단계에서 환원당이 생성되고, 효모가 환원당을 이용하여 알코올을 생성한다(24,25). 따라서 당화특성은 발효적성을 알아보기 위한 중요한 요인 중 하나로 볼 수 있다. 수삼을 압출성형하였을 때 셀룰레이스, 글루코아밀레이스, 아밀레이스를 첨가한 처리구에서 10시간 이후에 환원당 전환율이 30배까지 증가했다는 보고(17)와 비교하였을 때, 누룩을 사용한



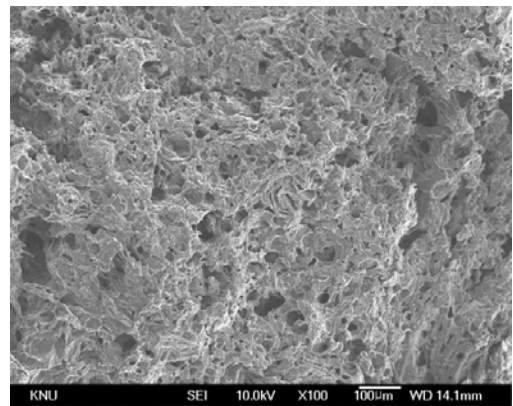
(a)



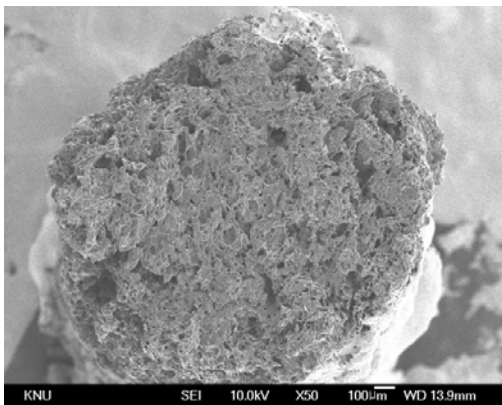
(a)



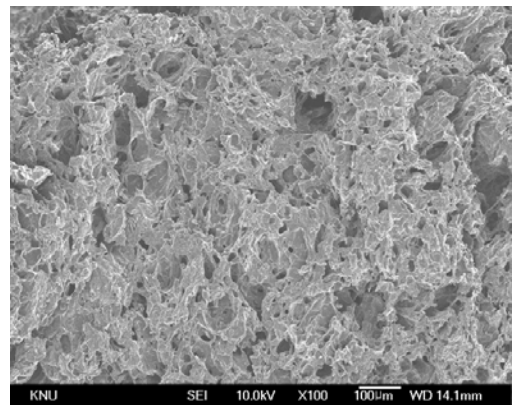
(b)



(b)



(c)



(c)

Fig. 2. Scanning electron microphotograph of extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (a), 120°C (b) and 130°C (c) ($\times 50$).

본 실험은 환원당 전환율이 비교적 낮게 측정되었다. 누룩을 사용한 당화에서 환원당 전환율이 낮은 이유는 정제된 효소가 아닌 누룩이 분비하는 효소를 이용한 환원당 생성이기 때문에 초기 환원당 농도 및 당화기간의 환경에 따른 효소분비의 차이로 인해 당화율이 낮은 것으로 판단되었다.

인삼의 당화속도상수

백삼, 홍삼, 배럴온도를 달리한 압출성형백삼의 당화시간

Fig. 3. Scanning electron microphotograph of extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (a), 120°C (b) and 130°C (c) ($\times 100$).

의 제곱근과 환원당 함량의 관계를 Fig. 5에 나타내었으며, 기율기로부터 구한 당화속도상수는 Table 1과 같다. 당화속도상수는 홍삼이 가장 컸고, 배럴온도를 달리한 압출성형백삼, 백삼의 순서였다. 백삼분말의 당화속도상수는 $8.2987 \text{ mg/mL} \cdot \text{hr}^{1/2}$ 였지만, 압출성형백삼의 경우 배럴온도 110°C에서 $9.2794 \text{ mg/mL} \cdot \text{hr}^{1/2}$, 120°C에서 $9.5202 \text{ mg/mL} \cdot \text{hr}^{1/2}$, 130°C에서 $10.123 \text{ mg/mL} \cdot \text{hr}^{1/2}$ 까지 증가하였고, 압출성형

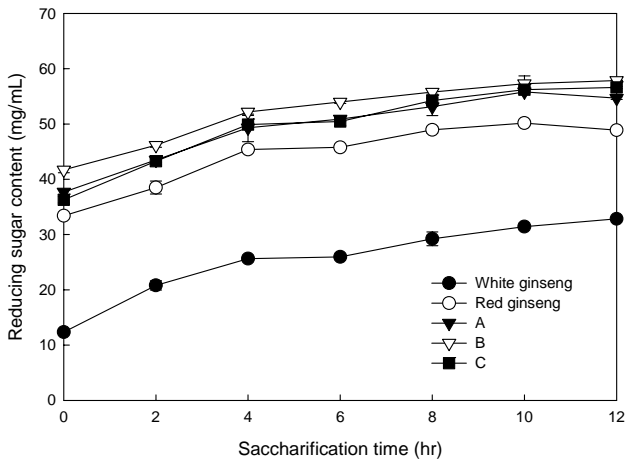


Fig. 4. Changes in reducing sugar content of ginseng suspensions during saccharification at 27°C.
Extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (A), 120°C (B) and 130°C (C).

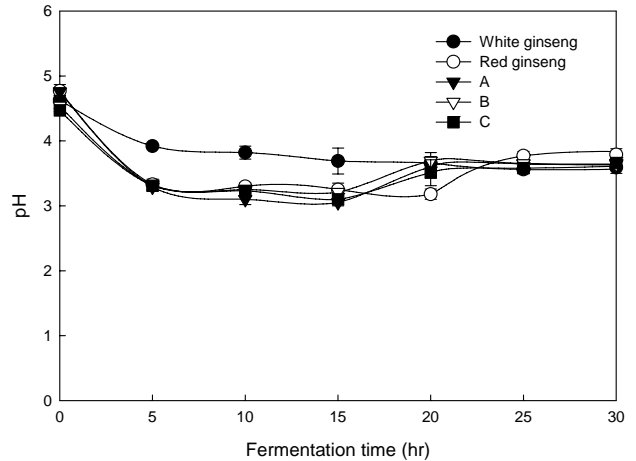


Fig. 6. Changes in pH of ginseng fermented broths during fermentation at 27°C.
Extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (A), 120°C (B) and 130°C (C).

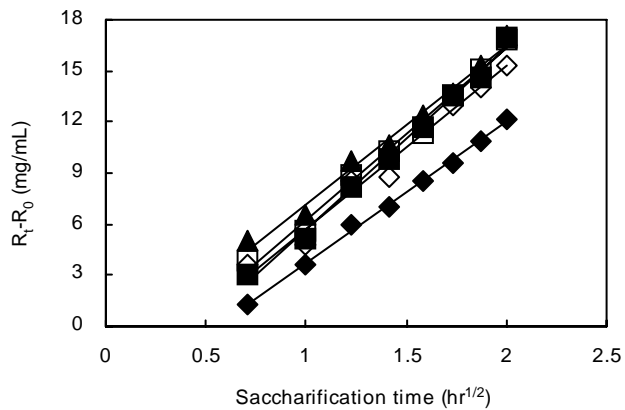


Fig. 5. Relationship between increased reducing sugar content and root saccharification time of various ginsengs.
White ginseng (◆: $y=8.2987x-4.5825$, $R^2=0.9978$), red ginseng (■: $y=10.695x-5.0292$, $R^2=0.9922$), extruded white ginseng at 110°C (▲: $y=9.2794x-2.0794$, $R^2=0.9862$), 120°C (◇: $y=9.5202x-3.7549$, $R^2=0.9771$) and 130°C (□: $y=10.123x-3.8976$, $R^2=0.9878$).

Table 1. Saccharification rate constant of various ginsengs

Ginseng samples	Barrel temp. (°C)	Saccharification rate constant (mg/mL · hr ^{1/2})
White ginseng	-	8.2987
Red ginseng	-	10.6950
Extruded white ginseng	110	9.2794
	120	9.5202
	130	10.1230

온도가 증가할수록 당화속도상수가 증가함을 알 수 있었다. 각각의 일차식에서 절편은 본 실험에 사용된 인삼의 초기 환원당 함량이 다르기 때문이다. 당화속도상수의 증가는 인삼전분이 전분분해효소에 의한 분해능이 좋다고 할 수 있다. Moon 등(9)은 생 타피오카전분과 고온·고압 압출성형 타피오카전분을 *Aspergillus usarii*의 글루코아밀레이스에 의

한 환원당 전환율을 보았을 때 압출성형 타피오카전분의 환원당 전환율이 더 높다는 결과를 보고하였는데 이는 본 실험의 결과와 유사하였다.

발효액의 pH 및 산도

pH는 발효 시작시 4.47~4.77의 범위로 큰 차이가 없었다 (Fig. 6). 발효시작 후 15일까지 압출성형백삼과 홍삼 발효액의 pH가 크게 낮아졌으며, 백삼의 pH 감소폭은 크지 않았다. 발효시간 30일에서 발효액의 pH는 3.59~3.79의 범위였으며, 홍삼발효액의 pH가 3.79로 가장 높았다. Jang과 Yu(26)는 시판 약주의 pH 성분분석에서 pH가 발효초기부터 4일이 경과될 때까지 낮아지는 경향을 보였으며 pH 4.0 이하에서 안정된 상태를 유지한다고 보고하였는데, 본 실험에서도 인삼발효액의 pH는 초기 5일까지 낮아진 후 4.0 이하를 유지하는 안정된 결과를 나타내었다.

발효시간에 따른 인삼발효액의 산도 변화는 Fig. 7과 같다. 최종 인삼 발효액의 산도는 압출성형백삼(110°C, 120°C, 130°C), 백삼, 홍삼의 순서로 나타났다. 발효시간 5일에서 홍삼발효액의 산도는 1.83%였으며 이후로는 산도의 변화가 없었다. 백삼발효액은 발효 시작 후 15일까지 산도가 증가하여 3.29%였으며, 그 이후에는 큰 변화가 없었다. 압출성형 온도를 달리한 압출성형백삼의 산도는 20일 이후부터 크게 증가하였으며, 120°C에서 압출성형한 백삼 발효액의 산도가 발효시간 30일에서는 4.46%로 가장 높았다. 백삼, 홍삼과 비교하여 압출성형백삼의 산도가 모두 높은 경향을 보였다.

발효초기 5일까지의 산도와 pH의 증가는 누룩이 생성하는 구연산에 의한 영향(27,28)으로 보이며, 5일 이후의 산도 증가는 효모 및 젖산균 등 각종 미생물에 의한 유기산 생성(29)으로 인한 것으로 판단된다. 하지만 산도의 증가와 비교하여 pH의 변화가 나타나지 않은 것은 발효기간 중에 생성되는 아미노산 등에 의한 완충작용으로 인하여 pH의 범위가

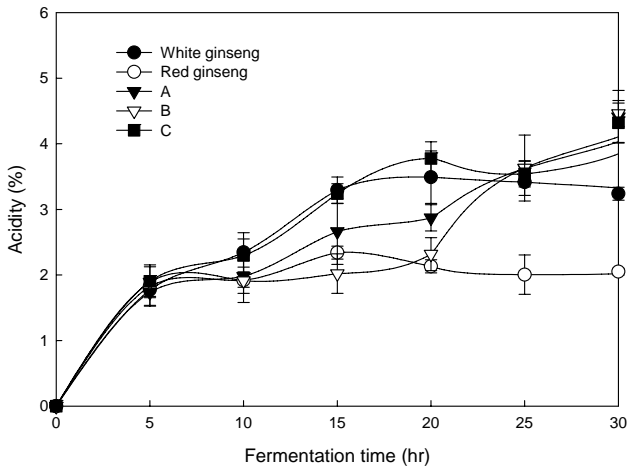


Fig. 7. Changes in acidity of ginseng fermented broths during fermentation at 27°C.
Extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (A), 120°C (B) and 130°C (C).

3.5~4.0에서 안정한 것으로 판단되었다(26). 백삼발효액은 5일 이후에도 계속하여 산도가 증가하였고, 압출성형백삼 발효액은 20일 이후에 산도가 증가하였다. 이는 백삼은 각종 미생물에 대한 안정성이 낮은 것으로 생각할 수 있었으며, 배럴온도를 달리한 압출성형백삼은 백삼에 비하여 비교적 미생물에 대한 안정성이 높은 것으로 보였다. 발효시간 5일 이후에 산도의 변화가 없었던 홍삼발효액은 미생물에 가장 안정하다고 판단되었다.

환원당 함량

백삼현탁액의 환원당 함량이 22.47 mg/mL로 가장 낮았으며, 110°C 압출성형백삼 현탁액의 환원당 함량이 32.36 mg/mL로 가장 높게 나타났다. 홍삼은 29.38 mg/mL, 120°C 압출성형백삼은 31.46 mg/mL, 130°C 압출성형백삼은 30.00 mg/mL로 측정되었다(Fig. 8). 압출성형백삼현탁액은 백삼현탁액과 비교하여 모두 환원당 함량이 높았으며, 이는 압출성형공정을 통하여 백삼의 환원당 함량이 40% 이상 증가함을 알 수 있었고, 압출성형온도가 증가할수록 환원당 함량이 감소하였다. 압출성형공정을 통하여 인삼 전분의 호화와 함께 전분 사슬이 절단되어 환원당 함량이 증가한다는 연구결과(15)가 있었고, 사출구 온도가 증가할수록 압출성형인삼의 환원당 함량이 낮았다고 보고(16)하였다. 본 실험에서도 압출성형을 통한 인삼현탁액의 환원당 함량이 증가하였고, 배럴온도가 증가할수록 환원당 함량이 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

발효시간에 따른 발효액의 환원당 함량 변화는 Fig. 9와 같다. 발효시간 5일까지 모든 발효액의 환원당 함량이 30% 이하로 감소하였으며, 이후에는 홍삼, 배럴온도를 달리한 압출성형백삼 발효액은 큰 변화가 없었다. 초기 환원당 소비율이 가장 높은 것은 110°C 압출성형백삼 발효액으로 발효시간 5일 동안 23.10 mg/mL가 소비되었다. 120°C 압출성형백

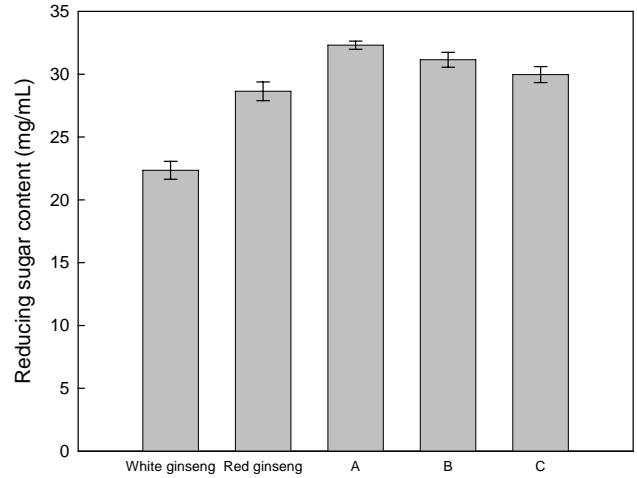


Fig. 8. Reducing sugar content of various ginseng suspensions.
Extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (A), 120°C (B) and 130°C (C).

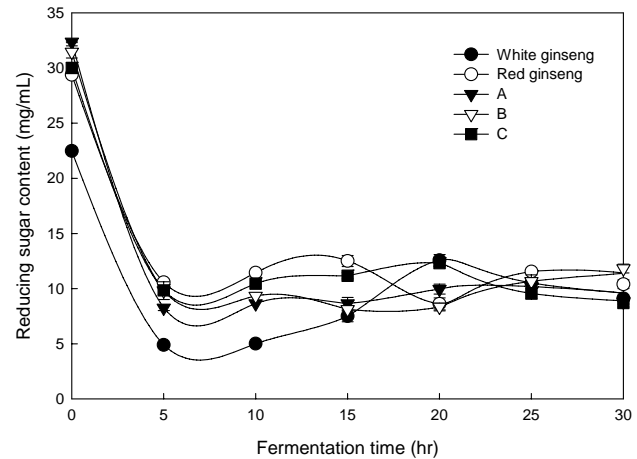


Fig. 9. Changes in reducing sugar content of ginseng fermented broths during fermentation at 27°C.
Extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (A), 120°C (B) and 130°C (C).

삼은 21.62 mg/mL, 130°C 압출성형백삼은 20.19 mg/mL로 감소하여 압출성형 온도가 올라갈수록 초기 환원당 소비량은 낮아지는 경향을 보였다. 백삼발효액은 발효시간 5일까지 4.89 mg/mL까지 낮아졌다가 20일까지 다시 증가하여 12.74 mg/mL로 측정되었다. 이는 백삼의 초기 환원당 소모 과정을 지나서 누룩에 의한 당화로 전분이 다시 환원당으로 전환되는 것으로 판단되었다. Ann과 Lee(3)는 발효인삼주의 제조과정에서 발효 3일째에 환원당 함량이 급격히 증가한 것으로 보고하였고, Yoon 등(30)의 보고에서도 발효시간 2일까지는 발효인삼주의 환원당 함량이 증가하는 양상을 보였다. 본 실험에서의 초기 환원당 함량의 증가가 나타나지 않는 이유는 백삼과 홍삼의 살균과정 중에서 감마선 조사에 의해 아밀로오스 함량이 증가하였고(31), 발효시간 5일 이전

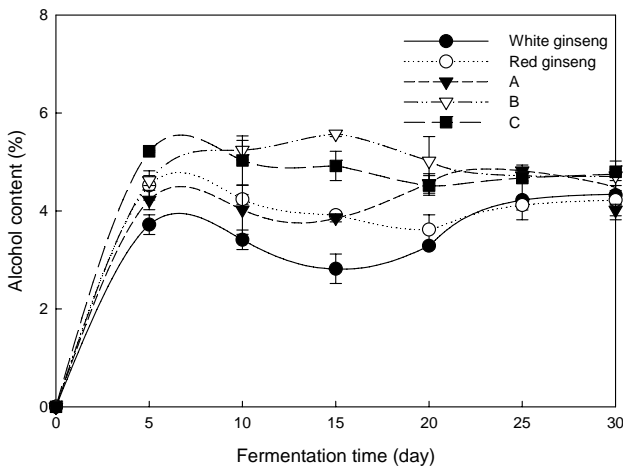


Fig. 10. Changes in alcohol content of ginseng fermented broths during fermentation at 27°C by various ginsengs. Extruded white ginseng at barrel temperature 110°C (A), 120°C (B) and 130°C (C).

에 모두 액화·당화되어 환원당의 증가가 나타나지 않은 것으로 판단되었다.

최종 발효액의 환원당 함량은 120°C 압출성형백삼 발효액이 11.82 mg/mL로 가장 높았으며 130°C 압출성형백삼 발효액이 8.77 mg/mL로 가장 낮았다.

알코올 함량

알코올 함량은 모든 발효액이 발효시간 5일까지 급격한 증가를 보였고, 5일 이후에는 큰 변화가 없었다(Fig. 10). 발효시간 5일에서는 130°C 압출성형백삼 발효액이 5.20%로 가장 높았고, 120°C 압출성형백삼 4.62%, 홍삼 4.52%, 110°C 압출성형백삼 4.22%, 백삼 3.72%의 순서로 측정되었다. 발효기간 중 가장 높은 알코올 함량을 나타낸 120°C 압출성형백삼 발효액은 발효시간 15일에서 5.62%까지 알코올 함량이 증가하였으며, 이는 환원당 함량이 15일까지 감소했던 결과와 비교하였을 때 알코올 생성과 환원당 소비와의 연관성을 확인할 수 있었다. 발효시간 5일 이후 인삼 발효액의 알코올 함량이 일정 범위에서 증감을 보인 것은 장기간의 발효기간 중 알코올의 부분적인 휘발과 일시적인 생성으로 인해 이러한 결과가 나타나는 것으로 예상되었다.

본 실험에서 배럴온도를 달리한 압출성형백삼 발효액이 백삼발효액과 비교하여 전체적인 알코올 함량이 높게 측정되었으며 이와 같은 결과는 고온·고압 압출성형 공정을 통하여 알코올 발효를 하였을 때 비처리구에 비하여 18% 이상 알코올 수율이 증가하였다는 연구결과(9)와 임계탄산 주입 압출성형공정을 적용하여 호화시킨 수수를 알코올 발효한 경우 에탄올발효수율이 압출성형하지 않은 수수보다 크게 향상되었다는 보고(13)에서 유사한 결과를 확인할 수 있었다. 이와 같은 결과는 압출성형공정을 통한 백삼의 전처리로 알코올 발효 적성을 향상시킬 수 있었으며, 압출성형 온도가 증가할수록 알코올 생성율의 증가가 확인되었다.

요 약

본 연구는 압출성형온도가 인삼의 발효에 미치는 영향을 알아보기 위하여 압출성형온도를 달리한 백삼 압출물의 미세구조, 당화특성 및 발효액의 특성을 비교하였다. 압출성형 백삼의 미세구조는 110°C 백삼압출성형물은 불균일한 기공구조를 보였으며, 120°C, 130°C 백삼압출성형물은 균일한 기공구조를 보였다. 인삼의 당화율과 당화속도상수는 130°C 백삼압출성형물이 가장 높았다. 발효액의 최종 pH는 홍삼발효액이 3.79로 가장 높았다. 발효액의 최종 산도는 120°C 압출성형백삼이 4.45%로 가장 높았다. 인삼 현탁액의 환원당 함량은 110°C 압출성형백삼이 32.36 mg/mL로 가장 높았으며, 발효시간 5일까지 인삼 발효액의 환원당 함량이 급격히 감소하였고, 이후에는 큰 변화가 없었다. 발효액의 알코올 함량은 발효기간 5일까지 급격히 증가했으며, 이후에는 변화가 없었다. 압출성형백삼이 백삼보다 알코올 함량이 높았고, 압출성형온도가 증가했을 때 알코올 생성율이 증가하였다. 본 연구에서 백삼을 압출성형하였을 때 알코올 발효적성이 높아졌고, 압출성형온도가 증가하였을 때 백삼의 알코올 발효적성도 증가하는 결과를 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 산업자원부의 지역혁신 인력양성사업의 연구 결과의 일부이며, 이에 감사드립니다.

문 헌

- Okuda H, Yoshida K. 1980. Studies on the effect of ginseng component on diabetes mellitus. Proc 3rd Int'l Ginseng Symp, Seoul. p 53-57.
- Goh JS, Chae YS, Gang CG, Kwon IK, Chio M, 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.
- Ann YG, Lee SK. 1996. Studies on the ginseng wine. *Korean J Food Nutr* 9: 151-159.
- Ann YG, Kim SK, Shin CS. 1999. Studies on ginseng vinegar. *Korean J Food Nutr* 12: 447-454.
- Lee IS, Paek KY. 2003. Preparation and quality characteristics of yoghurt added with cultured ginseng. *Korean J Food Sci Technol* 35: 235-241.
- Park KH, Oh BH, Lee KH. 1984. Production of alcohol from starch without cooking: a chemical gelatinization method. *J Korean Agric Chem Soc* 27: 52- 54.
- Kim JM, Kim DH, Baek SH, Choi IS. 1995. Comparison of alcohol fermentation from husked rice and barley cooked by hot air puffing and steaming. *J Korean Agric Chem Soc* 38: 297-301.
- Woo SM, Kim TY, Yeo SH, Kim SB, Jeong YJ. 2007. Properties of alcohol fermentation from barley treated with non-steam and steam. *Korean J Food Preserv* 14: 201-206.
- Moon HS, Kwon HJ, O PS. 1988. Studies on the alcohol fermentation with extruded tapioca starch. *Korean J Appl*

- Microbiol Bioeng* 16: 231-237.
10. 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.
 11. 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.
 12. Roussel L, Vieille A, Billet I, Cheftel 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.
 13. Zhan X, Wang D, Bean SR, Mo X, Sun XS, Boyle D. 2006. Ethanol production from supercritical-fluid-extrusion cooked sorghum. *Ind Crop Prod* 23: 304-310.
 14. Lee CH, Kim GM, Kim JY, 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.
 15. Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 247-254.
 16. Ha DC, Lee JW, Ryu GH. 2005. Effect of barrel temperature and screw speed on characteristics of extruded raw ginseng. *J Ginseng Res* 29: 107-112.
 17. Han JY, Kim MH, Jin T, Budiasih WS, 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.
 18. Higuchi T. 1963. Mechanism of sustained-action medication. Theoretical analysis of solid dispersed in solid matrix. *J Pharm Sci* 52: 1145-1149.
 19. 식품의약품안전청. 2002. 식품공전. p 389-390.
 20. Miller GL. 1959. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. *Anal Chem* 31: 426-428.
 21. 국세청기술연구소. 2006. 주류분석규정. p 39-41.
 22. 채수규, 강갑석, 류인덕, 마상조, 방광웅, 오문헌, 오성훈. 2004. 표준 식품분석학 이론 및 실험. 지구문화사, 서울. p 563-567.
 23. Kim BS, Ryu GH. 2005. Effect of extrusion temperature on puffing of white and red ginseng. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 1109-1113.
 24. 이서래. 1986. 한국의 발효식품. 이화여대출판부, 서울. p 197-229.
 25. 김찬조, 김교창, 김도영, 오만진, 이석건, 이수오, 정숙택, 정지훈. 1990. 발효공학. 선진문화사, 서울. p 59-79.
 26. Jang KJ, Yu TJ. 1981. Studies on the components of Sokokju and commercial *Yakju*. *Korean J Food Sci Technol* 13: 307-313.
 27. 北原覺雄, 吉田滿智子. 1949. 絲狀菌のDiastase組成に關する研究 (第3報1), 泡盛白麴菌の形態的竝に2, 3の生理的性質に就て. *日本醱酵工學會誌* 27: 162-166.
 28. 北原覺雄, 吉田滿智子. 1949. 絲狀菌のDiastase組成に關する研究 (第3報1), 泡盛白麴菌 *Asp. kawachii* nov.sp. は果して黑麴菌の變異種なりや. *日本醱酵工學會誌* 27: 182-183.
 29. Kim CJ, Choi WY. 1970. Studies on the quantitative changes of thiamin during *Takju* brewing. *J Korean Agric Chem Soc* 13: 105-109.
 30. Yoon YJ, Kim NY, Rhee YK, Han MJ. 2007. Quality characteristics and biological activities of traditionally fermented ginseng wine. *Food Sci Biotechnol* 16: 198-204.
 31. Kuhm H, Lim JH, Lee EJ, Chang KS. 2004. Rheological properties of gamma irradiated arrowroot (*Pueraria thunbergiana* B) starch. *Korean J Food Sci Technol* 36: 740-743.

(2007년 6월 8일 접수; 2007년 8월 20일 채택)