

장뇌삼 첨가 탁주의 이화학적 특성 및 Ginsenosides 함량

최강현¹ · 손은화² · 김성준³ · 이제혁⁴ · 장기효^{1*}

¹강원대학교 식품영양학과, ²강원대학교 생약자원개발학과, ³행복지기 장뇌, ⁴공주대학교 식품영양학과

Physicochemical Characteristics and Ginsenosides Compositions of *Makgeolli* Added with Mountain Ginsengs

Kang Hyun Choi¹, Eun-Hwa Sohn², Sung Jun Kim³, Je-Hyuk Lee⁴ and Ki-Hyo Jang^{1*}

¹Dept. Food & Nutrition, Kangwon National University, Gangwon 245-907, Korea

²Dept. Herbal Medicine Resource, Kangwon National University, Gangwon 245-907, Korea

³Happy Friend's Gingeng, Gangwon 245-842, Korea

⁴Dept. Food & Nutrition, Kongju National University, Chungnam 340-702, Korea

Abstract

Rice wine (*makgeolli*) containing various amounts of mountain ginsengs (MG) are being prepared with nuruk and yeasts, and the physicochemical characteristics and contents of ginsenosides in MG-*makgeolli* were analyzed. Average particle size of MG powder is 29.1 μm . MG slice (20 g) or powder (0~20 g) and rice (3,000 g) were used for 12 days fermentation of *makgeolli*, *makgeolli* containing slice of MG (SW-*makgeolli*), *makgeolli* containing 2 g (PW1-*makgeolli*), 10 g (PW2-*makgeolli*), 20 g (PW3-*makgeolli*) of powder of MG, respectively. Soluble solids and pH levels show no differences between five kinds of *makgeolli* groups, whilst the presence of high amounts of MG (PW3-*makgeolli*) caused decreases in ethanol and acidity. Major free amino acids in MG-*makgeolli* are glutamic acid and arginine. Total contents of 14 ginsenosides are approximately 2.5 g/100 g of dried MG powder and major ginsenoside were ginsenosides Re, Rb1, Rb2, Rg1, Rc and Rf. During the propagation of *makgeolli* containing MG, the ginsenosides Rb1, Rb2, Rb3, and Rc decreased, whilst ginsenosides Rg3 and compound K increased highly. It indicates that ginsenosides in MG are metabolized to different forms of ginsenosides by brewing microorganisms.

Key words : Mountain ginseng, ginsenosides, Rg3, compound K, *makgeolli*.

서 론

장뇌삼과 홍삼을 포함한 인삼류는 기능성 식품을 대표하는 품목으로, 원기회복, 자양강장 및 면역증강 효과 등이 과학적으로 입증되고 있다(Kim DH 2009, Sohn *et al* 2012). 인삼류의 대표적인 약리성분을 나타내는 물질은 인삼사포닌으로 약 30여종의 진세노사이드(ginsenosides)의 화학구조가 규명되고, 각각의 약리작용이 밝혀져 있으나, 조성과 함량에서는 인삼류의 종류별, 부위별, 연근별로 차이가 있다(Park *et al* 2003). 또한, 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)의 ginsenosides는 가열, 가수분해 등의 물리적 처리나 장내미생물에 의한 대사 등에 의해서도 정성적 및 정량적 ginsenosides 조성이 달라진다(Kim DH 2009, Lee *et al* 2011, Park *et al* 2003,

Yang *et al* 2006). 인삼류의 피층(cortex)과 목부(xylem)는 함량에서는 절반 이상을 차지하지만 사포닌 함량이 적음에도 불구하고(Tani *et al* 1981), 장뇌삼과 인삼을 사용한 담금주는 인삼류 전체를 20~30% 에탄올에 장시간 침출하여 음용한다. 인체 내에는 ginsenosides의 대사와 관련된 여러 가지 효소활성이 존재하나, 이들 효소활성이 개인별 차이, 섭취하는 식이의 종류에 따라서 달라져, 인삼의 인체 내 효능이 크게 다르므로 *in vitro*에서 유효한 ginsenoside 성분을 충분히 생성 후 섭취하는 것이 약효를 일반화시키는 데 도움이 된다(Kim DH 2009, Wakabayashi *et al* 1997).

장뇌삼은 산삼의 씨앗을 산에 뿌려 자연상태에서 재배한 것으로, 성분의 조성에서는 인삼과 유사하지만, 대부분의 인삼이 6년근 이하로 상품화되는데 반하여, 장뇌삼은 이보다 연장된 연근에서 채취되어 판매된다. 인삼과 비교시 장뇌삼은 고가의 이유로 제한된 연구가 진행되어, 장뇌삼 품종 동정(Kim *et al* 2004), 추출조건이 장뇌삼 추출물의 조성에 미치는 영향(Kim & Kim 2005), 인삼과 장뇌삼의 폐놀성 성분

* **Corresponding author :** Ki-Hyo Jang, Department of Food and Nutrition, Kangwon National University, Samcheok, 245-711, Korea Tel : +82-33-540-3312, Fax : +82-33-540-3319, E-mail : kihyojang@kangwon.ac.kr

비교 연구(Yoo *et al* 2000) 등에 관한 연구가 보고되었다. 본 연구에서는 장뇌삼을 분말화하여 입자 크기를 기계적으로 저감화시켜서 발효주 제조과정 초기에 첨가하고, 양조미생물에 의한 발효를 유도하여 장뇌삼의 분말화가 장뇌삼 담금주의 이화적 특성과 ginsenosides 성분의 조성 및 함량에 미치는 영향을 분석하였다.

재료 및 방법

1. 실험 재료

한국산 장뇌삼은 약 9년의 수령을 갖는 것으로 강원도 삼척에서 채취된 것을 같은 지역 판매업체에서 공급받아 실험에 즉시 사용하였다. 쌀은 2010년도 10월경에 강원도 삼척에서 생산된 오대미 쌀을 지역 농협에서, 물은 생수를(Dongwon F&B Co., Ltd., Korea), 탁주 양조에 사용한 바이오누룩은 *Saccharomyces cerevisiae*와 누룩이 혼합된 형태로 Korea Enzyme(Gyeonggi, Korea)에서 각각 구매하였다.

2. 장뇌삼의 건조

장뇌삼을 수세하여 이물질과 뇌두를 제거하고, 두께 0.5 cm로 자른 절편을 만들어서 40℃로 유지된 밀폐 건조기에서 72시간 동안 열풍 건조하였다. 장뇌삼에 포함된 자유수의 함량은 시료를 104℃에서 16시간 건조했을 때의 중량을 기준으로 측정하였다. 건조중량을 기준으로 계산한 건조율은 아래와 같은 식으로 구하였다.

$$\text{수분함량(\%)} = \frac{\text{건조 후의 무게}}{\text{건조 전의 무게}} \times 100$$

3. 장뇌삼의 분쇄 시료 제조

건조된 장뇌삼 절편을 0.08 mm sieve insert를 장착한 분쇄기(Variable Speed Rotor Mill PULVERISETTE 14, FRITSCH GmbH Milling and Sizing, Germany)를 사용하여 장치에 시료를 투입하여 기계적으로 파쇄하였다.

4. 분쇄 시료의 입자크기 분석

분쇄된 장뇌삼 분말의 입자 크기를 입도분석기(Analysette-22 NanoTec, Germany)를 이용하여 입자직경 0.3~300 μm 범위에서 입자직경의 분포비율, 평균입자직경, 비표면적을 측정하였다.

5. 장뇌삼 분말을 포함한 탁주 발효

쌀 3,000 g을 물로 수세 후 증자하여 고두밥을 제조하였다. 20 L 용량의 발효조에 고두밥, 120 g의 바이오누룩, 60 g의 yeasts를 첨가한 후, 물을 첨가하여 10 L로 조정하였다(makgeolli)(Table 1). 절편 장뇌삼 첨가 makgeolli(SW-makgeolli) 제조를 위하여 장뇌삼 절편은 분쇄하지 않고 건조한 절편 상태의 장뇌삼을 20 g을 사용하였으며, 장뇌삼 분말 makgeolli인 PW1-makgeolli, PW2-makgeolli와 PW3-makgeolli 제조를 위하여 절편 장뇌삼을 사용하여 제조한 장뇌삼 분말을 각각 2, 10, 20 g을 첨가하였다. 발효조에 에어락을 장치하여 발효액 온도를 24℃로 유지시키면서 12일 동안 하루 2차례 발효액의 위와 아래를 완전하게 혼합하였다. 발효 후 술 시료를 앙금 분리를 실시하고, 상층부의 술을 회수하여 일반 항목 분석, ginsenosides 정량, 아미노산 분석, 관능검사에 사용하였다.

6. 가용성 고형물, pH, 산도 및 Ethanol 측정

발효액의 가용성 고형물 함량은 수동식 당도계(N-1a, ATAGO, Japan)에 여과한 술 시료 약 50 μL를 사용하여 값을 확인하였다. 발효액의 pH 측정을 위하여 pH meter(725p, Itek, Korea)를 사용하였다. 산도 측정을 위하여 발효주 시료를 원심분리기(5819R, Eppendorf, Germany)로 원심분리하여(3,000 rpm, 4℃, 10 min) 상층액을 0.45 μm의 필터로 여과한 후, 회수된 여과액 10 mL를 비이커에 담고 페놀프탈레인 2방울을 떨어뜨렸다. Magnetic stirrer(PC-420, Corning, USA)를 이용하여 혼합하였고, 여기에 0.1 N NaOH로 천천히 적정하면서, 혼합물의 색이 변하여 형성된 핑크색이 30초간 유지되는 지점까지 소비된 0.1 N NaOH 부피를 측정 후, 다음과 같은 관계식에서 계산하였다.

Table 1. Proportion of makgeolli supplemented with or without mountain ginseng

| | Makgeolli | SW-makgeolli | PW1-makgeolli | PW2-makgeolli | PW3-makgeolli |
|-----------------------------|-----------|--------------|---------------|---------------|---------------|
| MG sliced (g) ¹⁾ | - | 20 | - | - | - |
| MG powder (g) | - | - | 2 | 10 | 20 |
| Rice (g) | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 | 3,000 |
| Water (mL) | 6,800 | 6,800 | 6,800 | 6,800 | 6,800 |
| Bionuruk ^R (g) | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| Yeast (g) | 60 | 60 | 60 | 60 | 60 |

¹⁾ MG, mountain ginseng.

$$\text{산가}(\%) = \text{소요된 } 0.1 \text{ N NaOH의 mL} \times \text{N NaOH의 factor} \\ \times \text{주석산}(0.075) \text{ 지수} \times \frac{100}{\text{시료채취량}(mL)}$$

발효주의 ethanol 농도는 발효주를 원심분리하여 회수한 상층액을 여과한 여과액을 Alcolyzer(Anton Paar GmbH, Graz, Austria)를 이용하여 정량하였다. 순도 99.9%의 에탄올을 표준 물질을 사용하여 측정한 시료의 신뢰농도 구간은 0~20% (v/v)였으며, 정확도(accuracy)는 0.1% 수준이었다.

7. 유리아미노산 검사

발효주를 원심분리하여 회수한 상층액을 여과한 여과액을 Ion exchange column(4.6 mm × 60 mm)을 장착한 amino acid analyzer(L-8800, Hitachi, Japan) 아미노산 분석기에 주입하였다. 아미노산 분석 조건은 칼럼오븐 온도 30~70°C, 유속 0.35 mL/min, 시료주입량 20 µL, reaction coil temperature 135°C 였다. 시료를 column에 통과시킨 후, 분리된 아미노산을 ninhydrin과 고온에서 반응시켜 발색화합물을 형성하여 440 nm와 570 nm의 파장에서 흡광도를 측정하여 유리아미노산 함량을 정량하였다.

8. Ginsenoside 정성분석

술 시료의 경우 25 mL를 동량의 methanol 에 혼합한 후 0.45 µm 필터를 통과시켜 여액을 회수하였다. 장뇌삼 분말 시료의 경우 약 50 g을 50 mL의 methanol 에 혼합한 후 50°C 에서 1시간 동안 초음파(JAC 2010, Jinwoo, Korea) 추출 후 0.45 µm 여과막을 통과시켜 여과액을 회수하였다. 회수된 시료 5 µL를 C₁₈칼럼(3.5 µm, 2.1×150 mm, XTerra, Waters)이 장착된 LC-MS(Waters 2685, Micro-mass ZQ detector)를 사용하여 분석하였다. 이동상은 18% acetonitrile(solvent A)와 acetonitrile(solvent B)을 사용하여 유속 0.25 mL/min에서, A:B(vol/vol) 비율은 시간 0~32 min에서는 100:0, 32~65 min에서는 80:20으로 변경시키고, 시간 65~80 min에서는 80:20을 유지하고, 시간 80~98 min에서는 0:100으로 변경시키며, 시간 98~103 min에서는 0:100을 유지하고, 시간 103~105 min에서는 100:0으로 변경시켜, 시간 105~110 min까지 비율을 유지시킨 후 분석을 완료하였다.

9. 통계처리

자료는 one-way analysis of variance(ANOVA) 방법으로 통계처리 하였으며, 사용한 통계프로그램은 Microsoft^R Excel Statpro^R을 사용하였다(Albright *et al* 1999).

결과 및 고찰

1. 장뇌삼의 건조

장뇌삼을 절편을 내지 않거나(MG), 절편을 내어서(MG-sliced) 건조하였을 때, 건조 12시간 경과 후 장뇌삼의 수분은 MG와 MG-sliced에서 각각 24와 74% 제거되었고, 그 이후로는 천천히 건조되어서 48시간 후에는 추가적인 건조가 일어나지 않았다(Fig. 1). 일반적으로 식품의 건조곡선은 조절기간(setting down), 항률 건조기간(constant rate drying period) 그리고 감률 건조기간(falling rate drying period)으로 나타나는데, 건조시간 24시간에는 이미 감률건조기간에 도달하여 연장된 건조기간 중에 추가적인 수분 감소가 미비하여 후속 실험에는 72시간 건조된 장뇌삼 시료를 사용하였으며, 이때 MG와 MG-sliced에서 각각 초기시료에서 수분이 각각 74.3%와 75.6%가 제거된 상태였다.

2. 장뇌삼의 분쇄

건조된 장뇌삼 절편을 분말의 크기를 조절할 수 있는 분쇄기를 사용하여 기계적으로 파쇄하였다(Table 2). 장뇌삼 분말시료의 입자크기 분포는 3.4 µm(10%)~65 µm(90%) 범위였으며, 평균 입자의 크기는 29.1 µm, 비표면적은 7,041.7 cm²/cm³ 였다(Table 2). 장뇌삼의 미세분말화는 비표면적을 증가시키

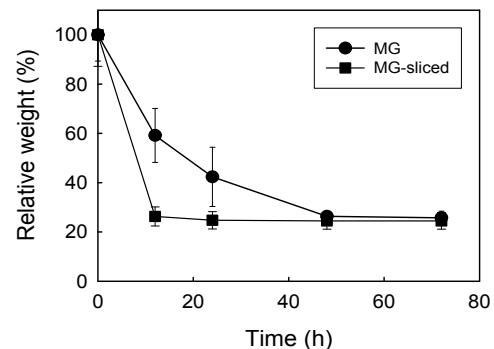


Fig. 1. Drying curves of mountain ginseng (MG) and MG-sliced dried at 40°C.

Relative percentage weight values are presented as percentages relative to weight obtained at time = 0 h. n=2 (for MG) and n=5 (for MG-sliced).

Table 2. Particle size distribution, mean diameter and specific surface area of pulverized mountain ginseng samples

| Sample | Diameter (µm) at; | | | Mean diameter (µm) | Specific surface area (cm ² /cm ³) |
|-----------|-------------------|----------|----------|--------------------|---|
| | 10% | 50% | 90% | | |
| Mean±S.D. | 3.4±0.1 | 21.6±0.8 | 65.0±0.0 | 29.1±0.3 | 7,041.7±191.3 |

는데, 전분의 경우 이러한 비표면적의 증가는 전분의 표면현상의 변화와 화학반응, 촉매반응 및 이중성분의 흡탈착 거동에 큰 영향을 미치게 된다고 보고되었다(Han *et al* 2007).

3. 탁주 발효중 발효액의 특성변화

고두밥에 장뇌삼 분말의 사용량과 전처리 방법을 절편과 분말로 달리한 5개의 그룹을 Table 1과 같은 조성으로 준비 후에 발효하였다. 가용성 고형물(soluble solids) 함량(°Brix)은 발효 초기 4.8~5.4 °Brix에서 빠르게 증가하여 발효 2일째에는 6.7~7.5 °Brix를 보였다. 대조군인 *makgeolli*와 SW-*makgeolli*와 PW3-*makgeolli*에서는 발효 12일까지 완만하게 증가하여 8.4 °Brix를 나타낸 반면, 장뇌삼 분말을 적게 첨가한 PW1-*makgeolli*와 PW2-*makgeolli*에서는 발효 10일에 최대 함량을 나타낸 이후, 그 이후에는 발효 12일째에 각각 8.0와 7.6 °Brix로 감소하였다(Table 3, Fig. 2A). 발효 초기에 가용성 고형물 함량이 증가한 이유는 쌀에 포함된 고분자의 전분이 누룩 미생물의 효소적 분해에 의하여 저분자량으로 전환됨을 보여준다. 5가지의 발효주들 중에서 PW1-*makgeolli*와 PW2-*makgeolli*에서 발효 10일째에 가용성 고형물 함량이 최고점을 보이고, 그 이후에 감소한 것은 발효가 다른 발효주들에 비교하여 빠르게 진행됨을 보여준다. pH는 초기에 5.1~5.4에서 발효 1일째 4.5로

감소하였으며, 이 이후에는 큰 변화없이 유지하였으며, 발효 11일째에는 모든 그룹에서 pH 4.7을 보였다(Table 3, Fig. 2B). pH 측정 결과, 또한 본 실험에 사용한 농도조건에서 장뇌삼을 원형 또는 분말로 탁주 제조에 첨가 시 pH에 영향이 없음을 보여준다.

Ethanol 농도는 발효 1일째에 농도가 높아져 7.9~12.3%(v/v)을 보였으며, 발효 2일째에는 11~12%으로 유사한 ethanol 농도를 나타내었으며, PW1-*makgeolli*에서 가장 높은 ethanol 농도인 13.6%를 보였다. 발효 12일에서도 유사한 결과를 보였지만, PW3-*makgeolli*에서는 14.1%를 나타내어서 ethanol 발효가 가장 느리게 진행됨을 보였다(Table 3, Fig. 2C). Ethanol 농도 분석 결과에서도 장뇌삼 원형 또는 장뇌삼 분말을 본 실험에 사용한 농도조건에서 첨가시 ethanol 발효에 부정적인 영향을 보이지 않아, 인삼으로 제조한 탁주에서의 선행연구(Yoon *et al* 2007)와 유사한 결과를 보였으나, 상대적으로 장뇌삼 분말을 0.02% 수준으로 첨가하였을 때 최종 ethanol 수율이 가장 높았다. 본 연구에서는 발효 전 탁주의 산도는 0.12~0.26%로 시작하여 발효가 진행될수록 증가하는 경향을 보였으며, 12일 동안의 발효 후에는 5 가지 발효주들의 산도는 0.54~0.70%로 나타났다. 본 연구에서 적용한 방법으로 제조한 장뇌삼 분말 첨가 탁주는 산도에서는 일반적으로 섭취되는 탁주와 비교시, 비교적 산도가 낮은 것으로 나타났다(Table 3, Fig. 2d).

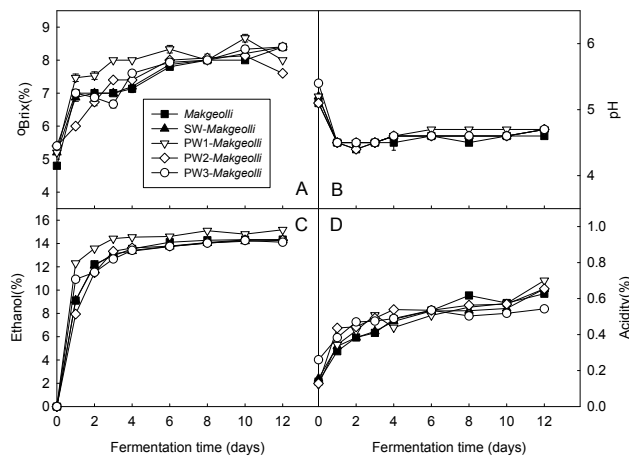


Fig. 2. Changes in soluble solids (°Brix) (A), pH (B), ethanol (C) and acidity (D) of the various *makgeolli* with mountain ginseng during fermentation at 24°C for 12 days.

4. 아미노산 함량 변화

발효주에 포함된 아미노산 성분들은 술의 향이나 맛에 영향을 줄 수 있으므로, 장뇌삼의 첨가에 따른 유리 아미노산 조성의 변화를 살펴보았다. 발효주 100 mL 당 포함되어 있는 유리 아미노산은 581~791 mg 이었으며, 백분율로 환산시 glutamic acid(11.7~12.8%), arginine(9.2~10.5%), alanine(9.1~9.7%), leucine(8.8~9.1%)으로 정량되었다(Table 4). 장뇌삼의 유리지방산 조성에서 가장 높게 나타나는 아미노산은 arginine으로 전체 유리아미노산의 약 77.8%로 매우 높다(Lee *et al* 2000). 장뇌삼 분말을 첨가한 발효주에서는 전체 아미노산 대비 arginine의 함량이 9.9~10.5%인 반면, 대조군인 *makgeolli*에서는 9.2%로 나타났다.

Table 3. Component of *makgeolli* using mountain ginseng after fermentation at 24°C for 12 days

| | <i>Makgeolli</i> | SW- <i>makgeolli</i> | PW1- <i>makgeolli</i> | PW2- <i>makgeolli</i> | PW3- <i>makgeolli</i> |
|-------------|-------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| °Brix (%) | 8.4±0.2 | 8.4±0.2 | 8.0±0.1 | 7.6±0.6 | 8.4±0.1 |
| pH | 4.7±0.1 | 4.7±0.0 | 4.7±0.1 | 4.7±0.0 | 4.7±0.1 |
| Ethanol (%) | 14.3±0.3 ^{ab} | 14.3±0.1 ^a | 15.1±0.3 ^a | 14.3±0.4 ^{ab} | 14.1±0.2 ^b |
| Acidity (%) | 0.63±0.01 ^{ab} | 0.65±0.02 ^a | 0.70±0.03 ^a | 0.66±0.05 ^a | 0.54±0.04 ^b |

^{ab} Means with different alphabets are significantly different at 95% level of confidence.

Table 4. Free amino acids of the various *makgeolli* with mountain ginseng after fermentation at 24°C for 12 days and aging (mg/100 mL of *makgeolli*)

| Amino acids | <i>Makgeolli</i> | <i>SW-makgeolli</i> | <i>PW1-makgeolli</i> | <i>PW2-makgeolli</i> | <i>PW3-makgeolli</i> |
|---------------|------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Aspartic acid | 27 | 17 | 22 | 47 | 43 |
| Threonine | 32 | 23 | 25 | 20 | 18 |
| Serine | 45 | 33 | 37 | 31 | 29 |
| Glutamic acid | 101 | 74 | 87 | 73 | 68 |
| Glycine | 39 | 30 | 33 | 29 | 28 |
| Alanine | 73 | 59 | 63 | 56 | 53 |
| Valine | 45 | 36 | 39 | 34 | 31 |
| Methionine | 19 | 14 | 15 | 14 | 14 |
| Isoleucine | 33 | 24 | 26 | 22 | 19 |
| Leucine | 71 | 56 | 61 | 54 | 51 |
| Tyrosine | 48 | 37 | 41 | 36 | 33 |
| Phenylalanine | 50 | 39 | 42 | 38 | 35 |
| Tryptophan | 17 | 12 | 13 | 11 | 10 |
| Lysine | 54 | 40 | 45 | 39 | 38 |
| Histidine | 16 | 12 | 13 | 12 | 11 |
| Arginine | 73 | 64 | 67 | 61 | 59 |
| Proline | 48 | 38 | 41 | 38 | 41 |
| Total | 791 | 608 | 670 | 615 | 581 |

5. 장뇌삼 분말의 Ginsenoside 함량 분석

인삼류의 ginsenosides는 약 30여종 이상이 분자식이 규명되어 있으며, 이 중에서 본 연구에서 사용한 분석조건에서는 14가지의 ginsenosides가 정량되었다. 이들은 ginsenoside Rg1, Re, X, Rf, Rg2, Rh1, Rb1, Rc, Rb2, Rb3, Rd, Rg3, compound K, Rh2 순서로 검출되었다. 장뇌삼 분말의 농도를 각각 0.02, 0.1, 0.2 % 수준으로 첨가한 3개 발효주에서는 14가지 ginsenosides 총 함량이 각각 5.3, 16.9, 29.3 mg ginsenosides/L *makgeolli* 수준으로 검출되었으며, 농도의존적인 결과를 보였다(Table 5). 개별적인 ginsenosides 성분에서는 Re, Rg1, Rf, compound K, Rg3의 순서로 나타났다. Ginsenosides Re, Rg1와 Rg2에서는 농도의존적인 증가가 나타났다. Ginsenoside Rg2의 경우 장뇌삼 분말의 첨가량이 0.02, 0.1, 0.2% 수준으로 증가할수록 ginsenoside 함량이 각각 0, 0.173, 0.369 mg/L로 증가하였다.

*SW-makgeolli*에서는 장뇌삼 분말 첨가 발효주들과 유사한 결과를 보였으나, 특이적으로 compound K의 함량이 1.702 mg/L으로 14개 전체 함량의 10.3%를 보였다. *PW1-*, *PW2-*, *PW3-makgeolli*에서도 compound K와 ginsenoside Rg3 함량이 증

가하였다. 발효 후에는, 발효 전 장뇌삼에 포함된 Rb 계열 ginsenosides, 즉 Rb1, Rb2, Rb3가 발효도중 큰 폭의 감소가 확인되었다. Ginsenosides 성분들은 열처리, 산처리, 효소적 처리, 미생물적 변환 등에 의하여 분자구조가 변하고(Bae *et al* 2003, Kim DH 2009, Park *et al* 2003), 본 연구에서는 발효 이외에는 다른 처리를 배제하였으므로 구체적인 대사경로는 알 수 없지만, Rb1, Rb2, Rb3, Rc 등의 큰 감소는 미생물에 의한 다른 ginsenosides로 변환된 것으로 예상된다. 한편, 발효 전 첨가된 ginsenoside의 함량과 발효후 발효액에서 회수된 ginsenoside의 함량을 계산한 회수율 실험에서는 다음과 같은 결과를 보였다. 예를 들면, *PW1-makgeolli*에서는 발효시작시 10 L의 발효액에 2 g의 장뇌삼 분말을 첨가하였으므로, 2 g의 장뇌삼 분말에 포함된 전체 ginsenoside인 49.87 mg을 100%으로 설정하고 상대적인 함량을 계산하였다. 유사한 방식으로 *PW2-makgeolli*, *PW3-makgeolli*와 *SW-makgeolli*에서는 10 L의 발효액에 각각 10, 20, 20 g의 장뇌삼을 첨가하였으므로, 이를 기준으로 각각 249.35, 498.7와 498.7 mg을 100%으로 설정하고 상대적인 함량을 계산하였다. Ginsenosides의 회수율은 0.02%, 0.1%, 0.2% 장뇌삼 분말

Table 5. Ginsenosides content (mg/kg) of various *makgeolli* with mountain ginseng after fermentation at 24°C for 12 days and aging

| Ginsenosides | Mountain ginseng | | SW- <i>makgeolli</i> | | PW1- <i>makgeolli</i> | | PW2- <i>makgeolli</i> | | PW3- <i>makgeolli</i> | |
|--------------|------------------|------|----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|-----------------------|------|
| | mg/kg | % | mg/L | % | mg/L | % | mg/L | % | mg/L | % |
| Rg1 | 3,732 | 15.0 | 5.009 | 30.2 | 1.746 | 33.1 | 6.108 | 36.1 | 11.069 | 37.8 |
| Re | 4,835 | 19.4 | 7.043 | 42.5 | 1.577 | 29.9 | 6.432 | 38.1 | 12.757 | 43.5 |
| G-X | 186 | 0.7 | 0.221 | 1.3 | 0.196 | 3.7 | 0.219 | 1.3 | 0.249 | 0.9 |
| Rf | 1,154 | 4.6 | 1.229 | 7.4 | 0.563 | 10.7 | 1.154 | 6.8 | 1.803 | 6.2 |
| Rg2 | 402 | 1.6 | 0.119 | 0.7 | 0 | 0.0 | 0.173 | 1.0 | 0.369 | 1.3 |
| Rh1 | 54 | 0.2 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| Rb1 | 4,849 | 19.4 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| Rc | 3,317 | 13.3 | 0.379 | 2.3 | 0.388 | 7.3 | 0.399 | 2.4 | 0.403 | 1.4 |
| Rb2 | 4,728 | 19.0 | 0.131 | 0.8 | 0.092 | 1.7 | 0.118 | 0.7 | 0.146 | 0.5 |
| Rb3 | 570 | 2.3 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| Rd | 701 | 2.8 | 0.247 | 1.5 | 0.213 | 4.0 | 0.225 | 1.3 | 0.257 | 0.9 |
| Rg3 | 125 | 0.5 | 0.496 | 3.0 | 0.506 | 9.6 | 0.529 | 3.1 | 0.51 | 1.7 |
| Compound K | 271 | 1.1 | 1.702 | 10.3 | 0 | 0.0 | 1.543 | 9.1 | 1.731 | 5.9 |
| Rh2 | 11 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 | 0 | 0.0 |
| Total | 24,935 | 100 | 16.6 | 100 | 5.3 | 100 | 16.9 | 100 | 29.3 | 100 |

첨가군에서 각각 106.3, 67.8, 58.8 %로 나타나, 장뇌삼 분말 첨가량이 증가할수록 회수율은 감소하였다. 동일한 농도인 0.2%를 사용한 경우, PW3-*makgeolli*에서 회수율 58.8%로 회수율이 33.3%인 SW-*makgeolli*와 비교하여 약 2배 정도 높게 회수되어 장뇌삼의 분말화가 장뇌삼 발효주의 ginsenosides 함량을 향상시켰다. Ginsenosides Rg1은 항피로작용, 핵산합성촉진, 기억기능 개선작용, 면역기능강화 효능으로, Re은 항스트레스작용, 간보호작용으로, Rg2은 혈소판응집억제, 기억력개선 효능으로, Rg3은 항암 효능, compound K는 protopanaxadiol 계열의 사포닌으로 인삼을 섭취 후 인체내에서 장내세균에 의하여 생성되며, 항염, 간보호 기능, 종양 증식 억제, 항산화 효능 등이 알려져 있다(Park *et al* 2003). 따라서, 장뇌삼의 분말화는 장뇌삼의 표면적을 증대시켜(Table 2), ginsenosides를 포함한 장뇌삼 유래의 물질들을 발효액으로 용출시켜 장뇌삼 *makgeolli*의 기능성을 증가시키는 것으로 예상된다.

요약 및 결론

본 연구에서는 탁주 제조시 장뇌삼의 첨가량과 입자크기를 달리하여 쌀을 탄소원으로 누룩과 효모를 스타터로 발효시키는 장뇌삼 제조와 제조한 제품의 이화학적 및 ginsenosides 함량을 분석하였다. 제조한 장뇌삼 분말의 크기는 29.1 μm

였다. 탁주제조에는 쌀 3,000 g 기준에 장뇌삼 절편 20 g을 발효전에 첨가한 SW-*makgeolli*, 장뇌삼 분말을 각각 2 g, 10 g과 20 g을 발효전에 첨가한 PW1-*makgeolli*, PW2-*makgeolli*과 PW3-*makgeolli*, 그리고 장뇌삼을 첨가하지 않은 *makgeolli* 등 총 5가지 조성으로 탁주를 제조하였다. 발효액의 가용성 고형분 함량과 pH는 차이가 없었으나, 고농도로 장뇌삼 분말을 첨가한 PW3-*makgeolli*에서는 에탄올함량과 산도가 감소하였다. 장뇌삼 탁주에서 주요 유리아미노산은 glutamic acid와 arginine였다. 장뇌삼 가루의 14가지 ginsenosides 전체함량은 건조 중량 기준으로 2.5 g/100 g으로 나타났으며, Re, Rb1, Rb2, Rg1, Rc와 Rf의 순으로 나타났다. 발효 기간 중 ginsenosides Rb1, Rb2, Rb3, Rc는 감소하고, Rg3와 compounds K는 증가하여 탁주 발효에 사용한 양조미생물이 ginsenosides의 대사에 영향이 있음을 확인하였다. 따라서, 본 연구는 장뇌삼의 탁주 발효가 탁주의 약리 효능을 변화시킨다는 것을 보여준다.

문헌

Albright SC, Winston WL, Zappe C (1999) Data analysis and decision making with microsoft excel. Pacific Grove, Calif. Brooks/Cole Publishing Co., CA. pp 153-348.

- Bae EA, Kim NY, Han MJ, Choo MK, Kim DH (2003) Transformation of ginsenosides to compound K (IH-901) by lactic acid bacteria of human intestine. *J Microbiol Biotechnol* 13: 9-14.
- Han MR, Chang MG, Kim MH (2007) Investigation of physical property change in modified rice starch by ultra fine pulverization. *J Korean Soc Appl Biol Chem* 50: 160-166.
- Kim DH (2009) Metabolism of ginsenosides to bioactive compounds by intestinal microflora and its industrial application. *J Ginseng Res* 33: 165-176.
- Kim JH, Kim JK (2005) Effect of extracting conditions on chemical compositions of Korean mountain ginseng extract. *J Korean Soc Food Sci Nutr* 34: 862-868.
- Kim JI, Lee JI, Cho DH (2004) Characteristics determination on wild ginseng of Mountain Packdu, Jang roy, wild ginseng of Russia. *Korean J Plant Res* 17: 358-364.
- Lee DH, Kang HY, Lee YS, Cho CH, Kim SJ (2011) Effect of microwave treated-wild ginseng on the quality of Korean traditional *takju*. *Korean J Food Sci Technol* 43:742-746.
- Lee HJ, Yoo BS, Byun SY (2000) Differences in free amino acids between Korean ginsengs and mountain ginsengs. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 323-328.
- Park CK, Jeon BS, Yang JW (2003) The chemical components of Korean ginseng. *Food Ind Nutr* 8: 10-23.
- Sohn EH, Yang YJ, Koo HJ, Park DW, Kim YJ, Jang KH, Nam KS, Kang SC (2012) Effects of Korean ginseng and wild simulated cultivation ginseng for muscle strength and endurance. *Korean J Plant Res* 25: 657-663.
- Tani T, Kubo M, Katsuki T, Higashino M, Hayashi T, Arichi S (1981) Histochemistry II. Ginsenosides in ginseng (*Panax ginseng* root). *J Nat Prod* 44: 401-407.
- Wakabayashi C, Hasegawa H, Murata J, Saiki I (1997) *In vivo* antimetastatic action of ginseng protopanaxadiol saponins is based on their intestinal bacterial metabolites after oral administration. *Oncol Res* 9: 411-417.
- Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS (2006) Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. *Korean J Food Sci Technol* 38: 521-525.
- Yoo BS, Lee HJ, Byun SY (2000) Differences in phenolic compounds between Korean ginseng and mountain ginseng. *Korean J Biotechnol Bioeng* 15: 80-84.
- 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.

접 수: 2013년 06월 17일
 최종수정: 2013년 08월 22일
 채 택: 2013년 08월 28일