

압출성형 공정을 이용한 발효 생맥산의 항산화 활성

양혜진 · 류기형*
공주대학교 식품공학과

Combined Effect of Fermentation and Extrusion Process on Antioxidant Properties of Sangmaksin

Hye-Jin Yang and Gi-Hyung Ryu*

Department of Food Science and Technology, Kongju National University

Abstract The principal objective of this study was to use a fermentation and extrusion process in order to improve the antioxidant properties of original Sangmaksin (ES), containing maekmoondong, omija, and white ginseng. The antioxidant activities of fermented Sangmaksin prepared with different types of ginseng [white (FSW), red (FSR), and extruded white (FSE)], were investigated. The white ginseng powder was extruded at 20% moisture content and 120°C of the maximum process temperature at the barrel. The antioxidant properties of Sangmaksin were increased after fermentation. Interestingly, the fermented Sangmaksin containing the extruded white ginseng evidenced more potent antioxidant properties than the fermented Sangmaksin containing white ginseng. The content of total phenolic compounds, DPPH-radical scavenging activity, acidic polysaccharide, reducing power, and total anthocyanin were highest with FSR, followed by FSE, FSW and ES, respectively. Additionally, superoxide dismutase-like activity and total flavonoid contents were highest in the fermented Sangmaksin containing extruded white ginseng. In conclusion, it can be asserted that the fermentation and extrusion process utilized in this study may prove to be an effective new process for the production of high-quality Sangmaksin.

Key words: extrusion process, fermentation, antioxidant activities, Sangmaksin

서 론

최근 생활수준이 급속하게 향상됨에 따라 노인 인구가 급증하고, 성인병의 발병률이 증가함에 따라 식품의 제3차 기능인 생리활성 기능에 대한 관심이 고조되며 있으며, 건강 기능성 소재 및 식품개발을 통한 삶의 질 향상과 식품산업의 발전을 위한 각 분야의 노력이 절실히 요구되고 있는 실정이다. 현재에는 건강과 장수에 대한 관심이 높아짐에 따라 항균, 항산화, 항암 및 면역 등의 생리 활성을 갖는 식품에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 한국인의 취향에 맞는 새로운 기능성 식품들이 속속 개발되어지고 있다(1).

생맥산은 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer), 맥문동(*Liriope platyphylla* Wang et Tang), 오미자(*Schizandra chinensis* Baillon)를 추출시켜 만든 전통한방음료로서 신기 부족으로 온몸이 나른하고 기운이 없으며, 입이 마르고 가슴이 아프며 숨이 차고 맥이 약할 때와 열이나 더위에 땀을 많이 흘리고 폐허로 마른기침을 하고 식은땀을 흘릴 때 쓴다(2). 지금까지 알려진 개별 약재의 효능으

로 인삼은 주로 인삼사포닌에 관한 것으로서 중추신경계에 대한 작용, 뇌기능에 대한 작용, 항암작용, 면역기능 조절작용, 항당뇨 작용, 간 기능 강화 작용, 심혈관 장애 개선 작용, 혈압조절 작용, 갱년기 장애 개선 작용, 항스트레스와 항피로 작용, 항산화 작용 등이 보고되고 있는데, 주로 대사활성, 생육촉진, 성인병 예방 등의 관점에서 인삼의 연구가 수행되어지고 있다(3-9). 맥문동은 혈당강화작용, 항염작용, IgM 항체생산 억제 작용 등의 효능이 보고된 바 있으며(10-12), 오미자는 예로부터 거담, 자양, 간장제 등으로 이용되었고, 간장 보호, 알콜 해독, 혈당 강화, 콜레스테롤 저하, 고지혈증 완화, 면역조절, 항암 및 항종양 등 다양한 생리활성 활성을 나타낸다(13).

이렇듯 생맥산은 많은 약리작용과 효능을 갖고 있음에도 불구하고, 개별 약재에 대한 연구는 활발하게 이루어지고 있지만, 생맥산 자체에 대한 연구로는 생맥산의 처방을 응용한 전통음료의 개발(2), 생맥산의 품질평가 방법에 관한 연구(14), 생맥산의 항피로 작용 및 간장 보호효과에 관한 연구(15)와 생맥산 복용이 카누선수의 운동수행능력과 피로물질에 미치는 영향(16) 등 밖에 연구되지 않았으며, 건강식품 또는 기능성 식품으로서의 활용이 미흡한 실정으로 건강기능성 식품으로 활용하기 위해서는 다각적인 연구가 수반되어야 할 것으로 판단된다.

한편, 발효식품은 각 지역의 토착미생물이 식품원료에 자연 접종된 결과 생성된 것으로 독특한 관능특성을 갖는 식문화를 형성하는데 크게 기여하였다. 발효를 통해서 영양성분과 기능성이 향상된 발효제품을 생산할 수 있으며, 더욱이 최근에는 발효식품의 생리활성 작용이 알려지면서 세계적으로 건강기능성 장수식

*Corresponding author: Gi-Hyung Ryu, Department of Food Science and Technology, Kongju National University, Yesan, Chungnam 340-802, Korea
Tel: 82-41-330-1484
Fax: 82-41-335-5944
E-mail: ghryu@kongju.ac.kr
Received June 23, 2009; revised August 12, 2009;
accepted August 28, 2009

품으로서 인식되고 있다.

압출성형공정은 혼합, 분쇄, 가열, 성형, 건조와 같은 단위조각이 단시간에 일어나는 단일공정으로, 다른 열처리 가공 공정과 비교하여 효율적이고 경제적인 공정이다. 압출성형 독립변수는 원료투입속도, 수분함량, 배럴온도, 스크류 회전속도, 사출구의 구조, 스크류 배열에 따라 조절이 가능하며, 이러한 독립변수의 조절을 통하여 다양한 특성을 가지는 제품을 생산할 수 있다(17). 현재 압출성형 공정을 이용한 기술은 식품가공 생산에 널리 적용되고 있으나, 압출성형공정을 이용하여 발효시킨 생맥산에 대한 연구는 한 번도 시도되지 않았다.

기존의 판매, 섭취하고 있는 생맥산은 인삼, 맥문동, 오미자를 추출시킨 음료로서 섭취하고 있지만, 여기에 생맥산의 개별약재 중 하나인 인삼을 압출성형시키고, 발효과정을 추가함에 따라 기존 생맥산보다 풍미, 갈변화 및 다양한 항산화 물질의 생산에 변화가 있을 것으로 사료되며, 생맥산의 항산화성이 어떻게 달라지는가에 대한 검토가 필요하다고 생각되었다.

따라서 본 연구에서는 생맥산을 이용한 건강 기능성 식품소재 개발을 위한 연구의 일환으로 기존 제조 방법으로 제조한 생맥산과 백삼과 홍삼을 맥문동, 오미자와 추출 발효시켜 제조한 생맥산, 백삼을 압출성형하여 맥문동, 오미자와 추출 후 발효시킨 후 제조한 생맥산의 항산화 활성을 비교하였다.

재료 및 방법

재료

본 실험에 사용된 인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 금산에서 재배된 4년근 백삼과 홍삼으로서 동진제약(Geumsan, Korea)에서 구입하여 사용하였고, 맥문동(*Liriope platyphylla* Wang et Tang)과 오미자(*Schizandra chinensis* Baillon)는 시중에서 구입하여 4°C에서 보관하면서 본 실험의 추출시료로 사용하였다. 발효에 사용된 누룩은 *Aspergillus usamii*와 *Rhizopus japonicus*가 포함된 바이오 누룩을 (주)한국효소(Hwaseong, Korea)에서 구입하여 사용하였으며, 효모는 *Saccharomyces cerevisiae*를 (주)한국효소에서 구입하여 사용하였다.

본 실험에 사용된 시약은 Sigma(Sigma-Aldrich Co., St. Louis, MO, USA)에서 구입한 1급 분석시약을 사용하였다.

압출성형 백삼의 제조

압출성형 백삼의 제조에 사용된 압출성형기는 자체 제작한 실험용 쌍축압출성형기(THK 31T, Incheon Machinery Co., Incheon, Korea)이며 압출성형기의 스크류 직경은 29.0 mm, 직경과 길이의 비(L/D ratio)는 25:1이며 스크류 배열은 Fig. 1과 같다. 배럴온도에 따른 압출성형 백삼의 특성을 확인하기 위하여 수분함량 20%,

스크류 회전속도 200 rpm, 원료사입량 100 g/min, 사출구 직경 3.0 mm로 고정하고, 배럴온도는 120°C로 하여 압출성형하였다. 압출성형 백삼 시료는 50°C의 열풍건조기(HB-502MP, HanBeak Co., Bucheon, Korea)에서 6시간 건조하였으며, 건조된 시료는 가정용 분쇄기(FM-681, Hanil machinery Co., Busan, Korea)로 분쇄한 다음, 35 mesh 표준체(Testing sieve, Chung-gye Sanggong Co, Seoul, Korea)를 통과한 분말을 분석 시료로 이용하였다.

생맥산의 제조

기존 생맥산(ES)은 백삼, 맥문동, 오미자를 1:2:1의 비율에 20배의 증류수를 첨가하고 soxhlet 장치를 이용하여 80°C 수욕 상에서 3시간 동안 환류냉각추출을 하였다. 이를 여과한 후 40°C에서 회전식 농축기(R-200, Buchi Co., Zurich, Switzerland)를 이용하여 감압농축한 후 동결 건조(FD8508, Ilshin Lab Co. Ltd., Yangju, Korea)하여 분말화하였고, 발효시킨 생맥산은 각각의 백삼(FSW), 홍삼(FSR), 압출성형백삼(FSE)에 맥문동, 오미자를 1:2:1의 비율로 20배의 증류수를 첨가하고 soxhlet 장치를 이용하여 수욕 상에서 80°C, 3시간 동안 환류냉각추출한 후 누룩 0.13 g과 효모 0.05 g을 접종하여 27°C에서 3일간 발효하였다. 이 용액을 여과한 후 40°C에서 회전식 농축기를 이용하여 감압농축한 후 동결 건조하여 분말화시킨 시료를 냉동보관하면서 실험에 사용하였다.

총 페놀성 화합물 함량

생맥산의 총 페놀성 화합물의 함량은 Folin-Ciocalteu 비색법(18)에 의하여 측정하였다. DMSO(dimethylsulfoxide)로 추출한 0.5 mL 추출물에 6.5 mL의 증류수, 0.5 mL의 Folin-Ciocalteu's phenol reagent를 첨가하여 3분간 반응시킨 후 1 mL의 Na₂CO₃과 증류수 1.5 mL을 첨가하여 암소에서 1시간 동안 반응시켜 UV/Vis-spectrophotometer(Libra S35, Biochrom Co., Cambridge, England)를 사용하여 765 nm에서 흡광도 값을 측정하였다. Gallic acid를 이용하여 작성한 검량선을 통해 페놀성 화합물을 계산하였다.

DPPH에 의한 전자공여능

생맥산의 전자공여능 또는 라디칼 제거능은 DPPH(2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical)를 사용하여 Brand-Williams(19)의 방법에 따라 측정하였다. 생맥산을 95% ethanol로 추출하여 추출액으로 사용하였다. 1% 추출액 0.25 mL과 0.3 mM DPPH를 2.5 mL 첨가하여 10분간 상온에서 반응시킨 후 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다. DPPH에 의한 전자공여능은 아래식을 이용하여 계산하였다.

$$\text{DPPH에 의한 전자공여능(\%)} = \frac{(\text{대조구흡광도} - \text{시료구흡광도})}{\text{대조구흡광도}} \times 100$$

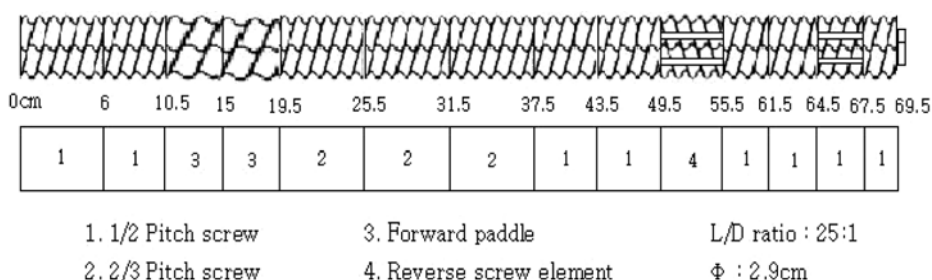


Fig. 1. Screw configuration for extruding white ginseng (Model THK 31T).

SOD 유사활성

생맥산의 SOD(superoxide dismutase-like activity) 유사활성 측정 은 Marklund와 Marklund(20)의 방법에 따라 측정하였다. 1% 추출액 0.2 mL과 50 mM Tris-10 mM EDTA(HCl, pH 8.5) 3 mL, 7.2 mM pyrogallol 0.2 mL을 첨가하여 25°C에서 10분간 반응시키고 1 N HCl 1 mL을 가하여 반응을 정지시킨 후 산화된 pyrogallol의 양을 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 420 nm에서 흡광도를 측정하였다. SOD 유사활성은 시료 용액의 첨가구와 무첨가구 사이의 흡광도 차이를 백분율로 나타내었다.

SOD 유사활성능(%)

$$=(1-\text{시료첨가구의 흡광도}/\text{무첨가구 흡광도})\times 100$$

산성다당체 함량

생맥산의 산성다당체 함량은 Carbazole-sulfuric acid 방법(21)을 응용하여 측정하였다. 생맥산 1 g을 증류수 4 mL에 용해시켜 9,000 rpm으로 10분간 원심분리(Mega 21R, Hanil Science Industrial Co., Incheon, Korea)시켜 얻은 여액을 시료액으로 사용하였다. 시료액 0.5 mL에 0.1% carbazole-ethanol을 0.25 mL과 진한 황산 3 mL을 첨가하여 85°C 항온수조(B-490, Buchi Co., Zurich, Switzerland)에서 3분간 반응시키고 상온에서 15분간 반응시킨 후 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다. Galacturonic acid를 이용하여 작성한 검량선을 통해 산성다당체 함량을 계산하였으며, blank에는 carbazole 대신에 에탄올을 사용하였다.

환원력

생맥산의 환원력(Reducing power)은 Oyaizu(22)의 방법에 따라 여러 농도(5, 10, 15, 20 mg/mL)의 시료 2.5 mL에 0.2 M sodium phosphate buffer(pH 6.6) 2.5 mL, 1% potassium ferricyanide 2.5 mL을 혼합시킨 후 50°C 항온수조에서 20분 동안 반응시키고 10% trichloroacetic acid 2.5 mL을 첨가하여 3,000 rpm으로 10분간 원심분리하여 상정액 2.5 mL과 증류수 2.5 mL, 0.1% ferric chloride 0.5 mL을 첨가시킨 후 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 700 nm에서 흡광도를 측정하였다. 대조구로 BHT를 사용하여 측정하였다.

플라보노이드 함량

생맥산의 총 플라보노이드 함량은 Moreno(23)의 방법에 따라 측정하였다. 생맥산을 70% ethanol로 추출하여 추출액으로 사용하였다. 추출물 0.5 mL에 10% aluminum nitrate 0.1 mL, 1 M potassium acetate 0.1 mL, 95% ethanol 4.3 mL을 차례로 가하여

실온에서 40분간 정치한 후 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 415 nm에서 흡광도를 측정하였다. Quercetin을 이용하여 작성한 검량선을 통해 총 플라보노이드 함량을 나타내었다.

안토시아닌 함량

생맥산의 총 안토시아닌 함량은 Fuleke와 Francis의 방법(24)에 따라 측정하였다. 생맥산 분말 2.5 g에 추출용매(Ethanol:Distilled water:Hydrogen chloride=85:13:2) 40 mL을 가한 다음 1시간 동안 50°C의 항온수조에서 110 rpm으로 교반시켜 주었다. 생맥산 추출물을 Whatman No. 41 여과지로 여과한 후 여액을 실온의 암소에서 2시간 방치 후 UV/Vis-spectrophotometer를 사용하여 535 nm에서 흡광도를 측정하였으며, 아래 식에 의해 총 안토시아닌 함량을 계산하였다.

$$\text{총 안토시아닌(mg/g)}=(\text{흡광도}/\text{Sample(g)})\times(1/65.1(\text{흡광계수}))$$

통계처리

모든 실험의 각 항목은 3회 반복하여 측정된 평균값±표준편차(Mean±SD)로 표시하였고, 각 실험군 간의 통계학적 분석은 SPSS(Statistical Package for the Social Science)를 시행하였으며, 유의성은 신뢰구간 $p<0.05$ 에서 의미를 부여하였다.

결과 및 고찰

총 페놀성 화합물 함량

식물에 널리 분포되어 있는 페놀성 물질은 phenolic hydroxyl 그룹 때문에 단백질 또는 효소 단백질, 기타 거대 분자들과 결합하는 성질, 항산화효과, 2가 금속이온과의 결합력을 가진다. 또한 단백질과 결합하는 성질은 미생물 세포와 작용하여 성장저해를 유발하는 항균효과 등의 생리활성을 가진다(25,26).

홍삼, 맥문동, 오미자를 추출, 발효시켜 제조한 생맥산인 FSR이 14.25±0.05 mg/g으로 가장 높게 측정되었고, FSE, FSW, ES의 순서로 측정되었다(Table 1). FSE가 FSW보다 폴리페놀 함량이 높게 측정되었지만, 큰 차이는 나타나지 않았다. Jang 등(27)의 결과에 따르면 고온에서 숙성시켜 제조된 흑마늘의 총 페놀성 화합물이 생마늘에 비하여 높게 측정되었는데 이는 숙성 및 열처리 과정에서 연화된 마늘 조직이 페놀성 화합물의 추출에 기인하였다고 하였다. 본 연구결과에서도 추출과정만 거친 기존 생맥산보다 발효시킨 생맥산의 총 페놀성 화합물이 높게 측정되었으며, 이는 발효과정 중 연화된 조직에서 각종 생리기능성 물질의 용출이 용이해지면서 폴리페놀 함량이 증가한 것으로 여겨진다.

Table 1. Combined effect of fermentation and extrusion process on total phenolic compound, DPPH-radical scavenging activity, superoxide dismutase-like activity, acidic polysaccharide, total flavonoid, and total anthocyanin contents of Sangmaksin

Sample ¹⁾	Total phenolic compound (mg/g)	DPPH-radical scavenging activity (%)	Superoxide dismutase-like activity (%)	Acidic polysaccharide (mg/g)	Total flavonoid (mg/g)	Total anthocyanin (mg/g)
ES	10.53±0.25 ^{2c)}	35.19±0.19 ^{b)}	3.88±0.48 ^{b)}	58.76±6.91 ^{b)}	5.97±1.90 ^{c)}	7.44±0.15 ^{d)}
FSW	13.14±0.25 ^{b)}	36.17±0.66 ^{ab)}	5.82±1.73 ^{b)}	68.64±6.92 ^{b)}	24.54±0.44 ^{b)}	27.55±0.18 ^{c)}
FSR	14.25±0.05 ^{a)}	36.28±0.77 ^{a)}	8.17±2.53 ^{ab)}	113.32±2.13 ^{a)}	24.97±0.58 ^{b)}	35.21±0.03 ^{a)}
FSE	13.38±0.01 ^{b)}	36.23±0.28 ^{a)}	9.14±0.48 ^{a)}	78.61±11.55 ^{b)}	27.20±0.86 ^{a)}	31.30±0.03 ^{b)}

¹⁾ES: extracted Sangmaksin.

FSW: fermented Sangmaksin with white ginseng, maekmoondong, omija.

FSR: fermented Sangmaksin with red ginseng, maekmoondong, omija.

FSE: fermented Sangmaksin with extruded white ginseng(barrel temperature 120°C, moisture content 20%), maekmoondong, omija.

²⁾Each value represents mean±SD.

³⁾Values with the same letter in the same column are not significantly different ($p<0.05$).

DPPH에 의한 전자공여능

DPPH는 분자내 radical을 함유하여 다른 free radical들과 결합하여 안정한 complex를 만들고 항산화 활성이 있는 물질과 만나면 radical이 소거되며 이때 고유의 청남색이 없어지는 특성을 가지고 있어 이 색차를 비색 정량하여 전자공여능력을 측정한다(28).

기존의 생맥산과 발효 생맥산의 전자공여능을 측정한 결과는 Table 1과 같다. 발효시킨 생맥산이 기존 생맥산보다 높은 전자공여능을 보였으며(36.18±0.28-36.28±0.77%), 총 페놀성 화합물과 같은 양상을 확인 할 수 있었다. Kwon 등(29)은 더덕을 알코올에 침지시켜 침출수를 제조하였을 때 침출수의 총 페놀성 화합물과 DPPH에 의한 전자공여능의 함량이 크게 증가한다고 보고하였는데, 본 실험에서 기존 생맥산과 발효 생맥산과의 DPPH에 의한 전자공여능이 크게 차이가 나지 않는 이유는 생맥산 제조과정 시 추출 과정에서 열수추출을 하였기 때문인 것으로 사료된다.

Kang 등(30)은 전자공여능이 phenolic acids와 flavonoids 및 기타 phenolic 물질에 대한 항산화작용의 지표라고 하였으며, 환원력이 큰 것일수록 전자공여능이 높다고 보고한 바 있다. 또한 식물체의 총 폴리페놀 함량과 전자공여 작용 사이에도 밀접한 상관관계가 있어 폴리페놀 함량이 높을수록 전자공여능이 높은 경향이 있다고 알려져 있는데(31,32), 본 실험에서도 FSR가 총 폴리페놀 함량이 14.25±0.05 mg/g DPPH에 의한 전자공여능은 36.28±0.77%로 가장 높게 나타나 이들은 서로 깊은 연관이 있음을 알 수 있었다.

SOD 유사활성

기존의 생맥산과 발효시켜 제조한 생맥산의 superoxide의 산화억제 작용을 알아보기 위하여 superoxide와 반응하여 갈변물질을 나타내는 pyrogallol의 자동산화를 측정 한 결과 압출성형백삼을 이용하여 추출 후 발효시켜 제조한 생맥산인 FSE가 9.14±0.48%로 가장 높게 측정되었다(Table 1). 반면, ES는 3.88±0.48%로 가장 낮게 측정되었으며, 이는 위의 총 페놀성 화합물과 DPPH에 의한 전자공여능과는 다른 양상을 보였지만, 본 연구에서 발효과정을 추가하고, 압출성형 백삼을 사용함으로써 기존의 생맥산보다 SOD 유사활성이 약 3배나 증가함을 확인할 수 있었다. 이는 압출성형 공정과정에서 고온, 고압에 의해 제조된 압출성형인삼이 생맥산의 제조에 큰 영향을 미치는 것으로 판단되며, 여기에 발효과정을 추가하여 생맥산을 제조하였을 때 산화억제 작용을 하는 생리 활성물질이 많이 생성되어 우수한 항산화 활성을 나타낸 것으로 사료된다.

SOD는 사람과 동물의 장기와 혈액 내에 존재하는 생리활성효소로 유해 산소를 제거하는 역할을 하게 되며 SOD 유사활성물질은 phytochemical에 속하는 물질이 SOD와 유사한 역할을 하여 superoxide radical의 반응성을 억제하여 생체를 보호한다고 보고되고 있다(33). 이러한 SOD 유사활성을 갖는 물질을 섭취하는 것은 생체내의 superoxide를 제거시킴으로써 노화억제와 산화를 예방할 수 있는 방법이라 할 수 있다. 따라서 이를 토대로 향후 항산화 효과를 가진 기능성 식품으로서의 이용이 가능하다고 판단된다.

산성다당체 함량

기존 생맥산과 발효시켜 제조한 생맥산의 산성다당체 함량 결과를 Table 1에 나타내었다. FSR에서 113.32±2.13 mg/g으로 유의적으로 높게 측정되었고, FSE(78.61±11.55 mg/g), FSW(68.64±6.92 mg/g)의 순서로 나타났다. 또한, 홍삼, 맥문동, 오미자를 발효시켜 제조한 생맥산 FSR이 ES(58.76±6.91 mg/g)보다 2배 가량 높게 측정되었고, 전체적으로 발효과정을 추가하여 제조한 생맥산

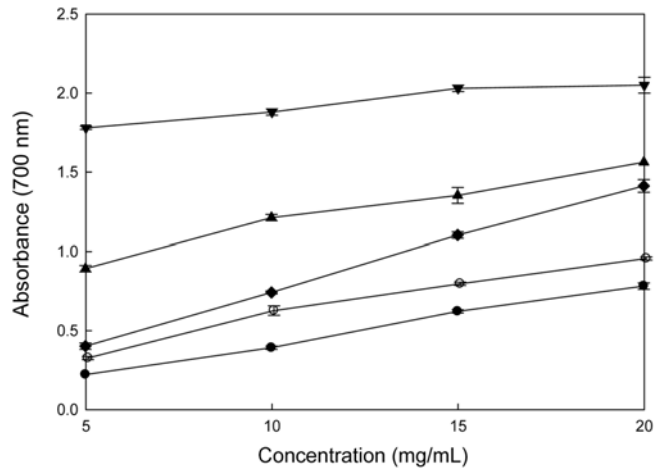


Fig. 2. Combined effect of fermentation and extrusion process on reducing power content of Sangmaksan (Each value represents mean±SD). - ▼- BHT: - ●- ES: extracted Sangmaksan. - ○- FSW: fermented Sangmaksan with white ginseng, maekmoondong, omija. - ▲- FSR: fermented Sangmaksan with red ginseng, maekmoondong, omija. - ◆- FSE: fermented Sangmaksan with extruded white ginseng(barrel temperature 120°C, moisture content 20%), maekmoondong, omija.

의 산성다당체 함량이 높게 측정되었다. 이는 위의 총 페놀성 화합물과 DPPH에 의한 유사활성과 유사한 양상을 나타내었으며, 발효과정을 추가하여 제조한 생맥산이 기존 생맥산보다 항산화 활성이 높은 것을 확인할 수 있었다.

산성다당체는 홍삼에 특히 많이 함유되어 있으며 toxohormone-L에 의해서 유도된 지방분해를 억제하고 또 식욕증추 등에 작용해서 식욕억제 등과 같은 anorexia 증상을 개선하는 2가지 효능을 가지고 있다(34).

Lee 등(35)이 보고한 바에 따르면 산성다당체 함량은 백삼이 약 5-6%, 홍삼이 약 15%라고 하였고, 홍삼에 있는 갈변물질이 산성다당체와 깊은 관련이 있다고 하였다. 본 연구에서 백삼을 압출성형하였을 때 백삼을 추출 후 발효시킨 생맥산보다 산성다당체 함량이 증가한 이유는 압출성형 공정과정에서 고온, 고압에 의한 조직파괴로 인해 용출이 용이해지고, 세포벽과 같은 조직 파괴에 의한 것이며, 이는 Ha 등(36)의 연구결과와 일치하였다.

환원력

환원력은 시료의 환원력을 평가하는 것으로서 reductone의 항산화 반응이 hydrogen atom을 제공함으로써 free radical 연쇄를 변환시키며, reductone 또한 과산화의 일정한 전구물질과 반응하여 과산화의 형성을 방해한다(37). 시료 자체의 흡광도 수치로써 발색 정도가 높을수록 높은 환원력을 나타내며, 반응계에 첨가되는 시료의 특성, 시료의 농도 및 추출 용매의 종류에 따라 달라진다(1). 기존 생맥산과 발효시켜 제조한 생맥산을 5, 10, 15, 20 mg/mL로 첨가하여 금속이온을 환원시키는 환원력을 흡광도 수치로 나타낸 결과는 Fig 2와 같다.

총 페놀성 화합물과 DPPH에 의한 전자공여능, 산성다당체와 유사한 경향으로 나타났으며, 농도가 증가할수록 환원력도 유의적으로 증가하였으나, BHT는 농도에 관계없이 큰 차이를 보이지 않고 거의 일정한 흡광도 값을 나타내었다. FSR에서 가장 높은 흡광도 값을 나타내었지만, FSE가 농도별로 가장 큰 흡광도 차이를 나타냈다. 이런 결과로 보아 농도를 20mg/mL보다 더 높

이면 FSR보다 FSE의 환원력이 더 클 것임을 유추할 수 있다. ES에 비해 FSR, FSE가 2배 가량 증가된 환원력을 확인할 수 있으며, 이는 생맥산에 발효과정을 추가하고 백삼 대신 압출성형 백삼을 사용함으로써 압출성형 백삼과 맥문동, 오미자를 추출 후 발효시켜 제조한 생맥산의 항산화 활성 능력이 우수한 것으로 사료된다.

플라보노이드 함량

플라보노이드는 식물에 의해 합성된 polyphenol의 가장 큰 부류이다. 플라보노이드는 화학적 구조 차이에 의해 6개의 주요 하위 그룹으로 나누어지고, 효과적인 유리기(freeradical)의 포착제로서 항산화 효과를 가진다(382). 각각의 하위 그룹들인 플라바놀(flavanols), 플라바논(flavanones), 플라본(flavones), 이소플라본(isoflavones), 플라보놀(flavonols), 안토시아닌(anthocyanidins)은 분포, 생리활성에 차이가 있다(39).

기존 생맥산과 발효시켜 제조한 생맥산의 총 플라보노이드 함량을 Table 1에 나타내었다. FSE가 27.20±0.86 mg/g으로 ES(5.97±1.90 mg/g)보다 약 4-5배 높게 측정되었다. 이는 압출성형백삼과 맥문동, 오미자가 발효과정 중 효소의 가수분해로 색소의 용출이 많아지고, 백삼을 압출성형할 때 고온, 고압의 열처리가 플라보노이드 물질을 증가시킨 것으로 사료된다.

Yang 등(40)의 연구에 의하면 열처리 조건에 따른 인삼의 총 플라보노이드 함량에서 열처리조건에 따라 0.42 mg/g에서 최고 4.75 mg/g까지 증가하였다는 연구결과와 Kwon 등(41)의 생마늘의 총 플라보노이드 함량이 32.06 µg/g에서 열처리한 마늘에서 532.73 µg/g으로 증가하였다는 결과로 볼 때 본 연구에서도 같은 양상을 나타내었다.

안토시아닌 함량

기존 생맥산과 발효시켜 제조한 생맥산의 총 안토시아닌 함량은 Table 1과 같다. FSR이 35.21±0.03 mg/g로, 기존 생맥산인 ES(7.44±0.15 mg/g)보다 약 5배 높게 측정되었다. 이러한 결과는 총 페놀성 화합물과 같은 양상으로 나타났으며, 기존의 추출과정만 거친 생맥산에 발효과정을 추가함으로써 총 안토시아닌 함량이 크게 증가한 것을 확인할 수 있었다. 이는 원래 홍삼이 가지고 있는 색소에 안토시아닌 함량이 발효과정을 추가하였을 때 조직의 연화로 인해 색소의 용출이 많아진 것으로 사료된다. 발효과정을 거친 생맥산(FSR, FSE, FSW)이 전체적으로 기존 생맥산(ES)에 비해 약 4-5배 증가함을 확인할 수 있었다.

안토시아닌 색소는 근래 노화억제, 망막장애의 치료 및 시력개선 효과, 항산화 작용 등 다양한 생리 활성을 갖는 것으로 보고됨에 따라 인체에 무해한 천연 색소 및 기능성 소재로써 각광받고 있다(42-44).

Kim 등(45)이 보고한 오디 와인의 총 안토시아닌 함량이 발효 시간에 따라 감소한다는 결과와 비교해 볼 때 본 연구에서 안토시아닌 함량이 크게 증가한 결과와 상이한 결과가 나타났는데, 이는 안토시아닌 종류의 다양성에 따라 가공이나 저장 중에 일어나는 변화에 차이가 존재하는 물론 항산화능력을 평가하는 방법 간의 차이로 사료된다.

요 약

본 연구에서는 기존 생맥산에 압출성형공정과 발효과정을 추가하여 제조한 생맥산의 건강 기능성 식품소재 개발을 위한 연구의 일환으로 기존 생맥산(ES)과, 추출과정에 발효과정을 추가

하여 제조한 생맥산(백삼(FSW), 홍삼(FSR), 압출성형백삼(FSE))을 제조하여 항산화 활성을 측정 비교하였다. 실험에 사용한 압출성형기는 실험용 쌍축이며 20%의 수분함량과 120°C의 배럴온도로 압출성형 백삼을 제조하였다. 전반적으로 발효과정을 추가한 생맥산이 기존 생맥산보다 항산화 활성이 높게 측정되었다. 이는 발효과정에서 기존 성분의 분해, 새로운 성분의 생성과 같은 대사작용에 의해 항산화 물질의 양이 증가한 결과로 사료된다. 총 페놀성 화합물, DPPH에 의한 전자공여능, 산성다당체, 환원력, 안토시아닌의 함량은 홍삼, 맥문동, 오미자를 추출 후 발효시킨 생맥산(FSR)이 가장 높게 측정되었으며, FSE, FSW, ES의 순서로 높게 측정되었다. SOD 유사활성, 플라보노이드 함량은 압출성형 백삼, 맥문동, 오미자를 추출 후 발효시킨 생맥산(FSE)이 가장 높게 측정되었다. 압출성형 백삼을 첨가한 생맥산이 백삼을 첨가한 생맥산보다 높은 항산화 활성을 나타냈고, 홍삼을 첨가한 생맥산과 비슷한 항산화 활성을 보였다. 결론적으로 본 연구에서 기존의 생맥산에 발효과정을 추가하고 백삼 대신 압출성형 백삼을 사용하여 제조한 생맥산의 항산화 활성이 우수함이 확인되었고, 이를 이용한 건강 기능성 식품소재의 개발성과 연구의 필요성을 확인할 수 있었다.

문 헌

- Kim JS, Choi SY. Physicochemical properties and antioxidative activities of *omija* (*Schizandra chinensis* Bailon). Korean J. Food Nutr. 21: 35-42 (2008)
- Hur NY, Baek EK. Development of traditional drinks using Sangmaksan. Korean J. Culinary Res. 11: 166-178 (2005)
- Benishin CG. Actions of ginsenoside Rb1 on choline uptake in central cholinergic nerve endings. Neurochem. Int. 21: 1-5 (1992)
- Huo YS, Chen YZ, Yu ZY, Zhang PY. The effect of Panax ginseng extract(GS) on insulin and corticosteroid receptors. J. Trad. Chin. Med. 8: 293-295 (1988)
- Oura H, Hiai S. Physical chemistry of ginseng. Metabolism Disease 10: 564-569 (1973)
- Kim H, Chen X, Gillis CN. Ginsenosides protect pulmonary vascular endothelium against free radical-induced injury. Biochem. Bioph. Res. Co. 189: 670-676 (1992)
- Kang SY, Kim ND. The antihypertensive effect of red ginseng saponin and the endothelium-derived vascular relaxation. Korean J. Ginseng Sci. 18: 175-182 (1992)
- Ogita S, Samugawa K. Clinical effectiveness of Korea ginseng on patients with climacteric disturbance. Ginseng Rev. 18: 95-97 (1994)
- Mei B, Wang YF, Wu JX, Chen WZ. Protective effect of ginsenosides on oxygen free radical induced damages of cultured vascular endothelial cells *in vitro*. Yao Xue Xue Pao. 29: 801-808 (1994)
- Rhee IJ. Effect of *Liriopsis* tuber extract on the decrease of blood glucose. Hyosung Bull. Pharm. Sci. 2: 49-56 (1997)
- Shibata M, Noguchi R, Suzuki M, Iwase H, Soeda K, Niwayama K, Kataoke E, Hamano M. Pharmacological studies on medicinal plant components. 1. On the extracts of ophiopogen and some folk medicine. Proc. Hoshi Pharm. 13: 66-76 (1971)
- Mita A, Shida R, Kasai N, Shoji J. Enhancement and suppression in production of IgM-antibody in mice treated with purified saponins. Biomedicine 31: 223-227 (1979)
- Oh SL, Kim SS, Min BY, Chung DH. Composition of free sugars, free amino acids, non-volatile organic acids, and tannins in the extracts of *L. Chinensis M.*, *A. acutiloba K.*, *S. chinensis B.*, and *A. sessiliflorum S.* Korean J. Food Sci. Technol. 22: 76-81 (1990)
- Hong ND, Kim JW, Won DW, Kong YC, Kim NJ, Joo SM. Studies on quality evaluation of crude drug preparation (II) Analysis of Saengmaek-san by thin layer chromatography and high performance liquid chromatography. J. Korean. Pharm. Sci. 17:

- 22-30 (1987)
15. Oh DS. A study of effect on endurance improvement by composition herb medicine-The effect of Saeng-maek-san on the antifatigue activity and liver protective action. Korean J. Phys. Edu. 27: 1193-1200 (1988)
 16. Choi MS, Cho HK, Lee DO, Yang JC. Physical science: The effects of Saeng-maek-san supplementation on canoeist performance and blood fatigue elements in canoe. J. Korea Sport Res. 18: 297-307 (2007)
 17. Harper JM. Food extruders and their application. pp. 91-155. In: Extrusion Cooking. Mercier C, Linko P, Harper JM (eds). AACC, St. Paul, MN, USA (1989)
 18. Slinkard K, Singleton VL. Total phenol analysis: Automation and comparison with manual methods. Am. J. Enol. Viticult. 28: 49 - 55 (1977)
 19. Brand-Williams W, Cuvelier ME, Berset C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. Lebensm. -Wiss. Technol. 28: 25-30 (1995)
 20. Marklund S, Marklund G. Involvement of superoxide anion radical in the oxidation of pyrogallol and a convenient assay for superoxide dismutase. Eur. J. Biochem. 47: 468-474 (1975)
 21. Bitter T, Muir HM. A modified uronic acid carbazole reaction. Anal. Biochem. 4: 330-334 (1962)
 22. Oyaizu M. Studies on products of browning reactions: Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. Jpn. J. Nutr. 44: 307-315 (1986)
 23. Moreno MIN, Isla MIN, Sampietro AR, Vattuone MA. Comparison of the free radical scavenging activity of propolis from several region of Argentina. J. Ethnopharmacology 71: 109-114 (2000)
 24. Fuleke T, Francis FJ. Quantitative methods for anthocyanins. 2. Determination of total anthocyanin and degradation index for cranberry juice. J. Food Sci. 33: 78-83 (1968)
 25. Lee JH, Lee SR. Some physiological activity of phenolic substances in plant foods. Korean J. Food Sci. Technol. 26: 317-323 (1994)
 26. Shin SJ, Kwon SK, Lee KH, Sung ND, Chio WY. Extraction and characterization of antibacterial components from the roots of evening primrose (*Oenothera odorata* Jacquin). J. Agric. Sci. 21: 54-59 (1994)
 27. Jang EK, Seo JH, Lee SP. Physiological activity and antioxidative effects of aged black galic(*Allium sativum* L.) extract. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 443-448 (2008)
 28. Lee HB, Kim HJ, Chong MS, Cho HE, Choi YH, Lim KS, Lee KN. Physiological activity of extracts from mixed culture of medical herbs and mycelia of *Tricholoma matsutake* and *Cordyceps militaris* by fermentation. Korean J. Herb. 28: 1-8(2008)
 29. Kwon DJ, Choi SY. The effect of *deodeok* contents on the quality of *deodeok* wine. Korean J. Food Preserv. 14: 414-418 (2007)
 30. Kang YH, Park YK, Lee GD. The nitrite scavenging and electron donating ability of phenolic compounds. Korean. J. Food Sci. Technol. 28: 232-239 (1996)
 31. Seog HM, Seo MS, Kim SR, Park YK, Lee YT. Characteristics of barley polyphenol extract (BPE) separated from pearling by-products. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 775-779 (2002)
 32. Kim HK, Choi YJ, Kim KH. Functional activities of microwave assisted extracts from *Flammulina velutipes*. Korean J. Food Sci. Technol. 34: 1014-1017 (2002)
 33. Murakami A, Takahashi D, Koshimizu K, Ohigashi H. Synergistic suppression of superoxide and nitric oxide generation from inflammatory cells by combined food factors. Mutat. Res. 523-524: 151-161 (2003)
 34. Lee JW, Do JH. Current studies on browning reaction products and acidic polysaccharide in Korea red ginseng. J. Ginseng Res. 30: 41-48 (2006)
 35. Lee KS, Choi KJ, Kim MW, Yang CB. Effects of amino acids and sugars on the Maillard browning reactions during extraction and concentration of red ginseng. Korean J. Ginseng Sci. 13: 117-121 (1990)
 36. Ha DC, Ryu GH. Chemical components of red, white, and extruded root ginseng. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 34: 247-254 (2000)
 37. Wettasinghe M, Shahdi F. Antioxidant and free radical-scavenging properties of ethanolic extracts of defatted borage (*Borago officinalis* L.) seeds. Food Chem. 67: 399-414 (1999)
 38. Park JW, Lee YJ, Yoon LS. Total flavonoids and phenolics in fermented soy products and their effects on antioxidant activities determined by different assays. Korean Soc. Food Cul. 22: 353-358 (2007)
 39. Beecher GR. Overview of dietary flavonoids: Nomenclature, occurrence and intake. J. Nutr. 133: 3248-3254 (2003)
 40. Yang SJ, Woo KS, Yoo JS, Kang TS, Noh YH, Lee JS, Jeong HS. Change of Korean ginseng components with high temperature and pressure treatment. Korean J. Food Sci. Technol. 38: 521-525 (2006)
 41. Kwon OC, Woo KS, Kim TM, Kim DJ, Hong JT, Jeong HS. Physicochemical characteristics of garlic (*Allium sativum* L.) on the high antioxidant activity. J. Agric. Food Chem. 50: 4959-4964 (2002)
 42. Kang CS, Ma SJ, Cho WD, Kim JM. Stability of anthocyanin pigment extracted from mulberry fruit. J. Korean Soc. Food Sci. Nutr. 32: 960-964 (2003)
 43. Kim HB. Quantification of cyanidin-3-glucoside (C3G) in mulberry fruits and grapes. Korean J. Seric. Sci. 45: 1-5 (2003)
 44. Park SW, Jung Ys, Ko KC. Quantitative analysis of anthocyanins among mulberry cultivars and their pharmacological screening. J. Korean. Soc. Hort. Sci. 38: 722-724 (1997)
 45. Kim YS, Jeong DY, Shin DH. Optimum fermentation conditions and fermentation characteristics of mulberry (*Morus alba*) wine. Korean J. Food Sci. Technol. 40: 63-69 (2008)