

추출 공정에 따른 파삼의 진세노사이드 함량과 이산화탄소 배출량 비교

최운용¹ · 이춘근¹ · 송치호¹ · 서용창¹ · 김지선¹ · 김보현² · 임혜원³ · 이현용*

¹강원대학교 의생명소재공학과, ²소망화장품, ³세바바이오텍, 서원대학교 차학과

Comparison of Low Molecular Ginsenoside Contents and CO₂ Emission from Low Quality Fresh Ginseng by Low CO₂ Emission Processes

Woon-Yong Choi¹, Choon-Geun Lee¹, Chi-Ho Song¹, Yong-Chang Seo¹, Ji-Seon Kim¹,
Bo-Hyeon Kim², Hye-Won Lim³, and Hyeon-Yong Lee*

¹Department of Medical Biomaterial Engineering, Kangwon National University

²SOMANG cosmetics

³Shebah Biotech Co.

Department of Teatics, Seo Won University

Abstract

This study is to demonstrate how the low molecular ginsenosides can be produced from low grade fresh ginsengs by low CO₂ emission processes. Since it was known to apply the low carbon dioxide emission processes to the ginseng processing companies due to requiring high temperature extractions in low grade fresh ginseng. Several types of low CO₂ emission processes were employed in this experiment such as microwave, ultrasound, ultra-high pressure extraction process that can be more easily scaled up to ginseng processing industries. From microwave extraction process, 1.290 mg/g of total low molecule ginsenosides (sum of Rg2, Rg3 and Rh2) were obtained while 1.442 mg/g and 1.258 mg/g were estimated from ultrasonification and ultra high pressure extraction processes, respectively. Total carbon dioxide production (TCO₂) from each process was also calculated as 0.1437, 0.0862, 0.1014 TCO₂ for microwave, ultrasound and ultra-high pressure extraction process, respectively. It was found that the ultrasonification process was most effective extraction method in processing the low quality ginsengs since this process generated the lowest CO₂ emission while the highest low molecular ginsenosides were produced. This result could be caused by that the energy from ultrasonification most efficiently penetrates since the minimum energy from this process was about 146.2 kcal while C-O glycoside binding energy of ginsenosides was ca. 76.5 kcal, and the minimum energy from two other processes were lower than this.

Key words: low quality fresh ginseng, low molecular ginsenoside, low CO₂ emission process

서 론

우리나라는 과거로부터 천연물을 추출 또는 분리를 하여 약리 효과를 나타내는 성분에 대한 연구를 많이 진행하고 있으며, 이러한 천연물 중 과거부터 한약으로 이용해 왔던 고려인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 진세노사이드에 대한 약리 효과에 따라 면역효과, 중치신경계, 스트레스, 항산화 등에 관한 활성들에 관해 많은 연구가 진행되고 있으며, 이러한 상기의 약리 효과를 나타내는 진세노사이드의 종류는 Rg2, Rg3, Rh2, CK 등의 저분자 진세노사이드에

서 그 효율이 뛰어나다는 연구가 입증되고 있다(Singh et al., 1984; Benishin, 1992; Li, 1992). 하지만 이러한 저분자 진세노사이드들인 Rg2, Rg3, Rh2, CK는 홍삼에서 미량 검출이 되며, 일반적인 인삼이나 파삼에는 거의 함유하고 있지 않고 다른 인삼 사포닌인 Rg1과 Rb1등 고분자 진세노사이드 형태로 존재하고 있다(Ha & Ryu, 2005). 따라서 특정 저분자 진세노사이드 Rg2, Rg3, Rh2, CK를 얻기 위해서는 인삼을 홍삼으로 제작하거나 발효를 통해서 기존에 인삼 및 파삼에 함유되어있는 Rg1과 Rb1등의 고분자 진세노사이드를 가수분해 해야만 한다(Park et al., 2006; Doh et al., 2010).

하지만, 기존에 사용되어지고 있는 인삼의 추출 방법인 증류수와 에탄올을 이용하여 추출을 하는 방법은 추출시간이 24시간 정도로 매우 길고 2회 내지는 3회 추출을 필요로 하고 온도도 80°C 내지는 100°C에서 추출해야하기

*Corresponding author: Hyeon-Yong Lee, Department of Teatics, Seo Won University, Chungju 361-742, Korea
Tel: +82-33-256-4819; Fax: +82-33-253-6560
E-mail: hyeonl@kangwon.ac.kr
Received July 19, 2012; revised October 8, 2012; accepted October 11, 2012

때문에 경제적이기 못하다. 또한, 전처리 중 고온처리방법 및 증숙 공정, 팽화 공정은 홍삼 제작에 쓰이거나 인삼의 진세노사이드 농도를 증진시키기 위해 사용이 된다. 하지만 상기의 전처리 공정 방법은 증숙 과정을 여러 번 반복하기 위해서는 보통 1주일 정도의 증숙 시간이 필요하며, 높은 온도를 장시간 유지하여야 하기 때문에 경제적인 손실이 존재한다(Yang et al., 2006; Hong et al., 2007). 또한, 추출을 통해 얻어지는 진세노사이드의 양이 적은 문제점이 존재한다.

이러한 고 에너지를 필요로 하는 추출 방법의 문제는 에너지의 과도한 투입으로 인해 얻어지는 CO₂ 방출량이 높다는 문제점이 존재한다. 이러한 CO₂ 방출에 대한 문제는 1980년대에 들어 지구온난화에 대한 인식이 확산되었기 때문에 전 세계적으로 CO₂의 배출량 규제라는 협약이 발효되어 저탄소 녹색 공정이라는 새로운 공정을 개발하여, CO₂의 생산이 저감되고 친환경적인 공정의 개발이 연구되고 있다(Lee, 2011; Han et al., 2011).

이에 따라 교토의정서 이후로 국가적, 정치 경제적으로 많은 제도가 생겨나고 있다. 따라서 온실가스 중 대표적인 이산화탄소(CO₂)를 저감하고자 하는 노력이 전 세계적으로 전개되고 있다. CO₂ 배출량을 저감하기 위한 방안 크게 에너지 관련 설비 등의 효율을 극대화 시키는 에너지 절감 기술, 발생한 CO₂를 포집하여 직접적으로 배출량을 저감하는 CO₂ 저감기술, 그리고 원천적으로 CO₂를 배출하지 않는 공정을 적용하는 수소 에너지 기술을 들 수 있다(Lee, 2011; Han et al., 2011). 그 중 전 세계적으로 많은 연구개발이 이루어지고 있는 수소 에너지 기술은 인류가 활용할 궁극적인 에너지원임에는 이견이 없지만, 향후 수십년간은 수소 기반의 활용가능한 장치의 개발이 어려울 것으로 예측하고 있다. 또한, CO₂ 배출원에서 직접 포집하는 등의 CO₂ 저감 기술은 인삼 등의 천연물을 활용한 추출공정에는 상대적으로 맞지 않는 방법이다. 따라서 에너지 절감 기술은 다른 기술이 상대적으로 쉽게 적용이 가능하고, CO₂ 배출량을 줄이기에 가장 현실적이기 때문에 기술개발이 필요한 실정이다.

따라서 저가의 파삼으로부터 에너지의 과도한 투입이 없이 CO₂ 저감의 효과가 있으며, 저분자 진세노사이드의 함량이 증진되는 공정을 연구할 필요성이 있다. 본 연구에서는 CO₂ 배출량이 적은 녹색 전처리 방법인 초고압 공정, 마이크로파 공정 및 초음파 공정을 도입하여 파삼을 추출하였을 경우 얻어지는 저분자 진세노사이드의 양을 측정하였다. 이러한 초고압 및 초음파 공정은 저온에서 추출이 가능한 기술로 일반적인 열수 추출을 이용하여 추출하는 시간보다 짧은 시간 추출이 완료되어 CO₂ 배출량이 적은 장점이 있으며, 전처리로 인한 인삼의 형태학적 변화 및 에너지 전달을 효율적으로 유도하여 저분자 진세노사이드 전환율을 높일 것으로 기대된다(Jin et al., 2008; Park,

2010). 따라서 파삼을 이용하여 녹색 전처리 방법인 초고압, 마이크로파 및 초음파 공정을 통해 CO₂ 배출량은 적어지고 저분자 진세노사이드 함량이 증가시키는 공정을 개발하고자 한다.

재료 및 방법

실험 재료

본 실험에서 사용된 파삼은 2010년 10월에 금산에서 재배된 4년근 파삼을 금산 농협을 통해 구입하였으며 분쇄기를 이용하여 2 내지 3 mm의 크기로 분쇄하여 실험에 사용하였다.

파삼의 저탄소 공정 추출 방법

초음파 추출 공정은 상기의 분쇄된 파삼 100 g을 2 L 추출 플라스크에 증류수 1 L와 함께 넣은 후 초음파 추출기(Ultrasonic extraction system, Asia industry, Korea)를 사용하여 추출 하였으며 120 kHz의 주파수 영역에서 60°C 온도에서 0.5, 1.0, 1.5 시간동안 추출을 하였다. 마이크로파 추출 공정은 파쇄된 파삼 100 g을 2 L 삼각 플라스크에 증류수 1 L와 함께 넣은 후 마이크로파 조사를 위한 제품(MM-M301, LG electronics, Cheongju, Korea)를 사용하여 2450 MHz의 주파수 영역에서 100°C 온도의 조건으로 0.1, 0.3, 0.5 시간동안 추출을 하였다. 초고압 추출 방법은 분쇄된 건조된 파삼 20 g을 진공 포장용 비닐팩에 증류수 200 ml과 함께 넣은 후 공기가 들어가지 않도록 진공포장을 한다. 상기의 진공 포장된 비닐팩 5 개를 초고압 추출장치(FOOD CIP-70-350-80, Ilshin autoclave, Daejeon, Korea)를 이용하여 500 Mpa의 압력을 가하여 40°C에서 0.1, 0.3, 0.5 시간 동안 추출을 하여 사용하였다.

상기 저탄소 추출 공정에서 얻어진 초음파, 마이크로파, 초고압 추출액을 여과 하기위해 Whatman 사의 20-25 μm 여과지를 사용하여 감압 여과하여 추출액을 여과하였다. 여과된 추출액은 감압 농축기(Rotary vacuum evaporator N-N series, Eyela, Tokyo, Japan)를 이용하여 감압 농축한 후 동결건조를 하여 파우더 상태의 파삼 추출물을 사용하여 진세노사이드 농도를 측정 하였다.

이산화탄소 배출량 분석

각각의 공정에 따른 이산화탄소 배출량을 계산하기 위해 IPCC에 지시되어 있는 연소별 탄소배출 계수를 적용하였으며, 아래 식의 방법으로 저탄소 공정별 이산화탄소 배출량을 계산하였다.

CO₂ 배출량(Ton) = 에너지소비량(TOE) × 연소별 탄소배출계수(Ton C/TOE) × 이산화탄소 분자량(CO₂) 44/탄소 원자량 (C) 12

에너지 소비량 (TOE) = 연료 발열량 kcal / 10^5 kcal
 전시 사용 1 kwh 당 총 발열량 = 2,150 kcal
 전기 사용 탄소배출계수 = 0.215

진세노사이드 분석

각 저탄소 공정별로 처리된 파삼의 진세노사이드 함량을 측정하기 위해 고성능 액체 크로마토그래피(HPLC 500 series, BIO-TEK instrument, Italy)를 사용 하였으며, HPLC용 펌프(BIO-TEK 522 controller Pump, BIO-TEK instrument, Italy)를 사용하였고, UV Detector(BIO-TEK HPLC 535 UV Detector, BIO-TEK instrument, Italy)를 사용하였으며, UV 파장 영역은 280 nm에서 peak를 관찰 하였다. 시료의 분석을 위해 시료를 물과 acetonitrile 이 8:2의 비율로 제작된 HPLC 분석용매에 녹이고 0.2 μ m syringe filter로 여과하여 분석하였으며, standard로 Rg1, Rg2, Rg3, Rh2, CK, Rb1, Rb2, Rc, Rd, Re 을 선정하여 500 ppm의 농도로 분석하였다. Injection volume은 20 μ l로 분석하였다. HPLC Column(Jupiter C18(5 μ m, 4.6 \times 150 mm), Phenomenex, Korea)을 사용하였다. 이동상은 water : acetonitrile = 80 : 20 로 혼합하여 사용하여 구배를 주었으며, 유속은 1 mL/min으로 흘러주었다(Yi et al., 2010).

통계처리

데이터의 통계처리는 각 시료를 3 회 반복으로 행해졌으며, 실험값의 통계는 SAS(Statistical Analysis System) 프로그램을 사용하여 실험 간의 평균을 구하였으며, 각 처리 구간의 최소유의차($p < 0.05$) 수준에서 통계처리 하였다.

결과 및 고찰

저탄소 공정의 조건별 에너지 소비량 비교

저탄소 공정을 이용한 추출 기술인 초음파 추출 공정,

마이크로파 추출 공정기술 및 초음파 추출 공정기술의 발열량 및 탄소 배출량을 기존의 열수 추출을 비교한 결과를 Table 1에 나타내었다.

기존의 공정으로 설정한 열수 추출 공정(WE)는 100°C의 온도에서 환류냉각 추출 장치를 이용하였으며, 시간당 약 200 W의 전력을 소비하는 장치를 사용하였다. 이 장치를 이용해 상기의 기술한 인삼을 12 시간 추출하였으며, 12 시간 사용하였을 경우 약 2.4 kwh의 에너지를 사용하는 것을 나타내었다. 저탄소 공정 중 마이크로파 추출(ME)는 100°C의 온도에 추출을 하며, 시간당 1700 W를 사용하는 마이크로파 장치를 사용하였으며, 열수 추출 공정과 마찬가지로 인삼을 추출하는데 사용이 되었다. 마이크로파 추출 공정의 효율성을 측정하기 위해 시간을 0.1, 0.3, 0.5 시간으로 나누어 실험을 실시한 결과 각각 0.17, 0.51, 0.85 kwh 의 에너지를 소비하는 것을 확인 하였다. 상기의 마이크로파를 이용하여 추출 하였을 경우의 에너지 소비량을 장비 자체적으로 많은 양의 에너지가 소비되지만 추출 시간이 극히 짧기 때문에 전체적인 에너지 소비가 적은 것으로 판단된다. 초음파 추출(UE)을 이용하여 인삼을 추출 하였을 경우 초음파 추출 장치의 전기 소비량은 시간당 약 340 W이며, 인삼의 추출 시간은 0.5, 1, 1.5 시간 추출을 하였다. 추출 시간은 기존의 천연물의 초음파 추출시간을 기준으로 적용하여 인삼을 추출하였다(Kwon et al., 2008). 상기의 초음파 추출공정을 적용하여 인삼을 추출할 경우 시간에 따른 에너지 소비량은 각각 0.17, 0.34, 0.51 kwh 으로 마이크로파 추출 공정보다 전체적으로 적은 양의 에너지를 소비하는 것을 확인하였다. 특히, 기존의 열수 추출 공정을 적용하여 추출하였을 경우보다 에너지 소비량이 약 4 배에서 10 배가량 감소된 것을 확인 하였다. 또한, 최근에 탄소저감 공법으로 주목받고 있는 초고압 추출(HPE) 공정을 이용하여 인삼을 추출 하였을 경우의 에너지 소모량을 측정하였다. 초고압 추출 장치의 에너지 소비량은 시간당 약 2000 W를 사용하는 장치이며, 초고압 추출 공정

Table 1. Comparison of consumption energy and economic evaluation by several kinds of CO₂ reduction processes.

Process ¹⁾	Extraction conditions (Water solution)			consumption energy (kwh)	Extraction yield (% w/w)
	Temperature (°C)	Watt (W)	Time (h)		
WE	100	200	12	2.40	10.5
			0.1	0.17	10.2
			0.3	0.51	12.5
ME	100	1700	0.5	0.85	11.9
			1	0.17	13.2
			1.5	0.34	15.5
UE	60	340	1.5	0.51	16.7
			0.1	0.20	12.5
			0.3	0.60	14.8
HPE	40	2000	0.5	1.00	13.2

¹⁾WE: Water Extraction, ME: Microwave Extraction, UE: Ultrasonification Extraction, HPE: High Pressure Extraction.

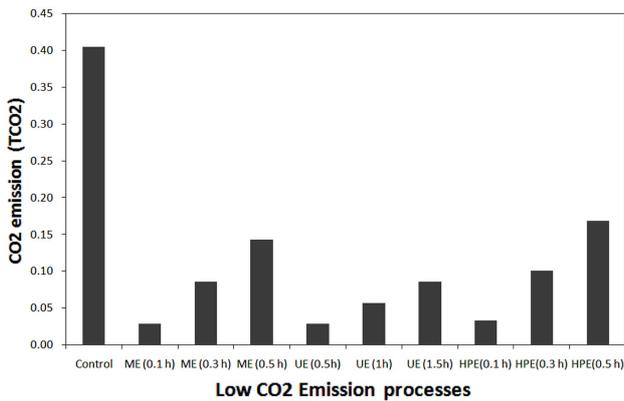


Fig. 1. Comparison of amounts of CO₂ emission from several extraction processes for low quality fresh ginseng. (Control: low quality fresh ginseng extracted by water extraction at 100°C for 12 h, ME: low quality fresh ginseng extracted by microwave extraction at 100°C for 0.1 to 0.5 h, UE: low quality fresh ginseng extracted by ultrasonification extraction at 60°C for 0.5 to 1.5 h, HPE: low quality fresh ginseng extracted by high pressure extraction at 40°C for 0.1 to 0.5 h.

시간은 기존의 천연물을 이용하여 추출하였을 경우 추출 효율이 입증된 추출 시간인 0.1, 0.3, 0.5 시간을 기준으로 인삼을 추출하였다(Seo et al., 2011). 각각의 시간에 따른 초고압 추출 공정의 에너지 소비량은 각각 0.20, 0.60, 1.00 kwh의 에너지가 소비되었다. 이는 상기의 마이크로파 추출 공정이나 초음파 추출 공정과 비교하였을 경우 다소 많은 양의 에너지를 소비하는 경향이 있는 것을 확인하였다.

또한, 기존의 열수 추출 공정에서 얻어진 인삼의 추출 수율의 경우 10%, (w/w)이며 가장 추출 수율이 높은 공정은 초음파 추출 공정이며 1.5 시간동안 추출을 하였을 경우 약 16.7%, (w/w)로 가장 높은 추출 수율을 나타냈다. 저탄소 추출 공정의 경우 조건에 따른 추출 수율이 약 10%에서 15%까지 추출 수율에서는 큰 차이를 보이지 않는 것을 확인할 수 있었다. 따라서, 상기의 추출 수율에서는 큰 차이를 보이지 않기 때문에 각각의 공정에 따른 진세노사이드의 함량을 측정하여 이산화탄소와 진세노사이드 함량을 비교하였다.

저탄소 공정의 탄소 배출량 비교

상기의 저탄소 추출 공정의 조건별로 얻어진 에너지 소량을 바탕으로 IPCC의 전기소비에 따른 탄소배출 계수를 적용하여 TCO₂(Ton 당 CO₂ 배출량)을 계산한 결과를 Fig. 1에 나타내었다. TCO₂의 계산은 에너지 소비량 (TOE)와 전기 탄소배출계수와 이산화탄소 분자량을 곱하고 탄소 원자량으로 나눈 값으로 나타내는데 전기 1 kwh 당 총 발열량 2,150 kcal과 전기 사용 탄소배출 계수 0.215를 적용하여 1 kwh 당 TCO₂를 계산하였다. 전기 사용 1 kwh 당

TCO₂의 양은 0.169 TCO₂로 상기의 Table 1에서 얻어진 탄소저감 추출 공정별 에너지 소비량과 비교하여 공정별 이산화탄소 배출량을 계산 하였다.

Fig. 1의 결과 기존의 공정인 열수 추출 공정의 TCO₂ 배출량은 약 0.4 TCO₂로 인삼을 12 시간동안 추출 하였을 경우 약 0.4 ton의 CO₂를 배출하는 것으로 나타났다. 마이크로파 추출 공정의 경우 추출 시간에 따라 이산화탄소가 배출되는 정도는 0.0287, 0.0862, 0.1437 Ton 당 CO₂를 배출하는 것으로 확인 되었다. 또한, 저탄소 공정 중 가장 에너지가 적게 투입된 초음파 추출 공정의 경우 시간에 따른 이산화탄소 배출량은 각각 0.0287, 0.0575, 0.0862 Ton 당 CO₂를 배출하는 것을 확인 하였다. 초음파 추출 공정에 비해 에너지 투입량이 많은 초고압 추출 공정의 경우 에너지 투입량에 따라 0.0338, 0.1014, 0.1690 Ton 당 CO₂를 배출하는 것을 확인 하였다. 전체적으로 마이크로파, 초음파, 초고압 추출 공정에 따라 에너지 소비량이 증가함에 따라 이산화탄소 배출량이 증가하는 것으로 나타나며, 같은 시간을 투입하여 추출하였을 경우 기존의 저탄소 공정을 통해 전력이 감소될 경우 이산화탄소의 배출량이 감소

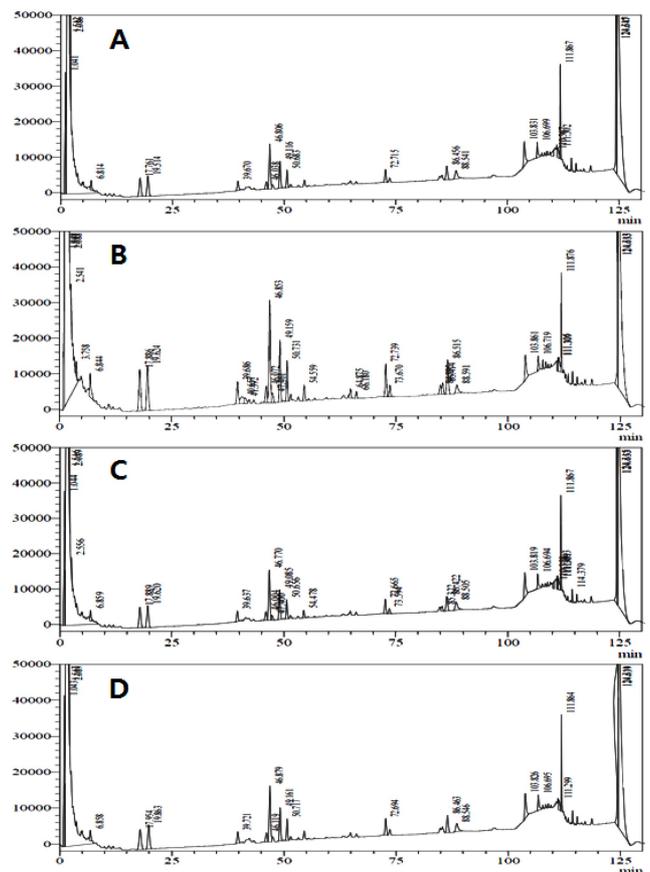


Fig. 2. HPLC chromatograms of WE(A), HPE(B), ME(C) and UE(D) treated ginseng powder (WE: Water Extraction, HPE: High Pressure Extraction, ME: Microwave Extraction, UE: Ultrasonification Extraction).

Table 2. Ginsenoside contents of low quality fresh ginseng by low CO₂ emission process.

Condition		Ginseng ginsenosides (mg/g)									
		Small molecules					Large molecules				
process ¹⁾	Time (h)	Rg2	Rg3	Rh2	CK	Rg1	Re	Rb1	Rc	Rb2	Rd
WE	12	0.348±0.012	0.175±0.031	N.D ²⁾	N.D	1.959±0.222	1.543±0.110	0.832±0.129	0.740±0.142	0.052±0.023	0.138±0.072
	0.1	0.261±0.002	N.D	N.D	N.D	1.059±0.046	1.012±0.125	0.233±0.052	0.219±0.045	0.047±0.003	0.119±0.032
ME	0.3	0.533±0.011	0.312±0.075	N.D	N.D	1.139±0.107	1.208±0.094	0.317±0.098	0.421±0.053	0.087±0.007	0.132±0.034
	0.5	0.913±0.031	0.342±0.024	0.035±0.003	N.D	1.129±0.099	1.230±0.059	0.308±0.037	0.255±0.087	0.049±0.012	0.259±0.021
	0.5	0.295±0.026	N.D	N.D	N.D	1.028±0.087	1.176±0.166	0.278±0.043	0.102±0.034	N.D	0.108±0.006
UE	1	0.616±0.064	0.246±0.009	N.D	N.D	1.211±0.068	1.199±0.084	0.437±0.083	0.241±0.038	0.031±0.009	0.115±0.033
	1.5	1.127±0.012	0.285±0.005	0.030±0.003	N.D	1.320±0.047	1.287±0.053	0.869±0.038	0.442±0.087	0.021±0.008	0.128±0.021
HPE	0.1	0.796±0.016	0.044±0.002	0.018±0.006	N.D	1.084±0.097	1.239±0.027	0.270±0.056	0.239±0.057	N.D	0.051±0.006
	0.3	0.871±0.034	0.255±0.012	0.132±0.028	N.D	1.241±0.116	1.210±0.086	0.344±0.032	0.231±0.021	N.D	0.103±0.009
	0.5	1.059±0.049	0.346±0.043	0.139±0.059	N.D	1.252±0.109	1.312±0.157	0.562±0.051	0.252±0.020	0.045±0.013	0.137±0.021

¹⁾WE: Water Extraction, ME: Microwave Extraction, UE: Ultrasonification Extraction, HPE: High Pressure Extraction.

²⁾N.D: Not Detected

하는 것과 같이 가장 에너지 소비가 적은 초음파 추출 공정에서 이산화탄소 배출량이 가장 적은 것을 확인 할 수 있었다(Park & Kim, 2010).

저탄소 추출 공정에 따른 인삼 진세노사이드 함량 비교

상기의 저탄소 추출 공정에 따른 진세노사이드 함량 결과를 HPLC 크로마토그램으로 비교한 결과를 Fig. 2에 나타내었다. Fig. 2의 A는 열수 추출에 따른 인삼의 진세노사이드 함량을 나타낸 것이며, B, C, D는 각각 초고압, 마이크로파, 초음파 추출 공정의 크로마토그램의 결과를 나타내었다. 상기 HPLC 크로마토그램 결과에 따르면 기존의 열수 추출하였을 경우보다 저탄소 공정을 도입하여 추출할 경우 전체적으로 진세노사이드 함량이 증진 되는 것을 확인 하였다.

이러한 상기의 저탄소 추출공정 조건에 따른 HPLC 분석결과를 바탕으로 인삼의 진세노사이드 함량을 비교한 결

과를 Table 2에 나타 내었다. 인삼을 12 시간 동안 추출을 하였을 경우 고분자 진세노사이드의 함량이 저분자 진세노사이드의 함량보다 높은 것을 확인 할 수 있었으며, 진세노사이드 Rh2와 CK는 검출이 되지 않았으며, Rg2와 Rg3가 일부 추출이 되는 것을 확인 하였다.

마이크로파 추출 공정을 적용하였을 경우 열수 추출을 적용한 결과보다 고분자 진세노사이드의 함량이 적어지고 저분자 진세노사이드의 함량이 일부 증가하는 것을 나타냈다. 특히, 0.5 시간동안 추출을 하였을 경우 저분자 진세노사이드 Rg2의 양이 약 0.913 mg/g으로 열수 추출의 양보다 약 3 배 가량 함량이 증진되었으며, Rg3의 함량도 0.343 mg/g의 양으로 증진된 것을 확인 하였다.

초음파 추출 공정의 경우 추출 시간이 적을 경우, 열수 추출에서 얻어진 진세노사이드의 양보다 적게 검출된 것을 확인 되는데, 이는 추출 시간이 충분하지 않아서 진세노사이드가 충분히 추출이 되지 않은 것으로 사료된다. 초음파

Table 3. Conversion pattern of low molecules of ginsenosides from large molecules by several low CO₂ emission processes.

Condition		Total small molecules ginsenosides (mg/g)	Total large molecules ginsenosides (mg/g)	Conversion yield (%)
process ¹⁾	Time (h)			
WE	12	0.5230	5.2640	-
	0.1	0.2610	2.6890	49.90
ME	0.3	0.8450	3.3040	161.56
	0.5	1.2900	3.2300	246.65
	0.5	0.2950	2.6920	56.40
UE	1	0.8620	3.2340	164.81
	1.5	1.4420	4.0670	275.71
HPE	0.1	0.8580	2.8830	164.05
	0.3	1.2580	3.1290	240.53
	0.5	1.5440	3.5600	295.21

¹⁾WE: Water Extraction, ME: Microwave Extraction, UE: Ultrasonification Extraction, HPE: High Pressure Extraction.

추출 공정의 경우 1 시간 이상 추출을 해야 진세노사이드의 추출이 용이하게 되며, 1 시간 30 분 추출을 하였을 경우 저분자 진세노사이드 Rg2, Rg3의 농도가 증진되는 것을 확인 하였으며, 각각의 양은 1.127, 0.285 mg/g의 농도가 검출되는 것을 확인 하였다.

초고압 추출 공정의 경우 상기의 이산화탄소 배출량이 마이크로파 추출 공정이나 초음파 추출 공정보다 많은 양의 이산화탄소가 배출되는 것을 확인 되었으나, 인삼의 진세노사이드 추출량은 다른 2 개의 공정보다 많은 양 추출이 된 것을 확인되었다. 진세노사이드 Rg2의 경우 1.059 mg/g으로 초음파 추출 공정의 1.127 mg/g 과 거의 비슷하게 추출이 되는 것이 확인되나, Rh2의 농도가 0.139 mg/g으로 비교적 많은 양이 추출 되는 것을 확인하였다.

이러한 상기의 3 가지 저탄소 추출 공정에서 얻어진 저분자 진세노사이드와 고분자 진세노사이드의 전환패턴 및 전환율을 측정 한 결과를 Table 3에 나타내었다. 기존의 열수 추출에서 얻어진 저분자 진세노사이드의 양인 0.5230 mg/g을 기준으로 공정별 조건에 따라 각각 전환된 양을 측정하였다. 그 결과 마이크로파 추출 공정의 경우 0.5 시간동안 추출 하였을 경우 열수 추출 공정에서 얻어진 저분자 진세노사이드 보다 약 246.65% 정도 증진된 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 초음파 공정의 경우 1.5 시간동안 추출 하였을 경우 가장 높은 전환율을 보였으며 약 275.71% 증진된 결과를 보였다. 초고압 추출 공정의 경우에는 0.5 시간동안 추출하였을 경우가 가장 높은 전환율을 보였으며 약 295.21% 증진된 결과를 얻었다.

이러한 상기의 저탄소 공정을 도입하여 파삼을 추출 하였을 경우 저분자 진세노사이드의 함량이 증진되는 것은 지존 재래의 가열 공정에서는 열이 전도 및 대류에 의해 가열이 되지만 저탄소 공정을 적용할 경우 열이 파삼내부에 직접 생성이 되므로 기존 열수 추출의 방법처럼 재래의 방식에 비해 그 추출 효율이 증진되기 때문인 것으로 사료된다(Park, 2010). 특히, 저분자 진세노사이드 Rh2의 경우 면역 활성이나 항암 활성 등의 효과가 뛰어나다고 알려져 있으며, Rh2는 일반적인 열수 추출로는 얻어내기 힘들고 증숙이나 발효를 통해 일부가 얻어지기 때문에 3 가지 공정 중 초고압 추출 공정을 통한 인삼 추출이 효과적인 것으로 사료 된다(Yang et al., 2006).

저탄소 추출 공정의 저분자 진세노사이드 함량 및 CO2 방출량의 비교

저분자 진세노사이드의 함량이 증가하기 위해서는 고분자 진세노사이드에 존재하는 당이 가수분해가 되어야한다(Wei et al., 2008). Fig. 3은 인삼내부에 존재하는 진세노사이드의 종류인 PPD와 PPT의 진세노사이드 구조를 나타낸 그림이다. 상기 그림에 따르면 고분자 진세노사이드에 존재하는 당인 Glu 또는 Ara 분자를 가수분해하여 저분자

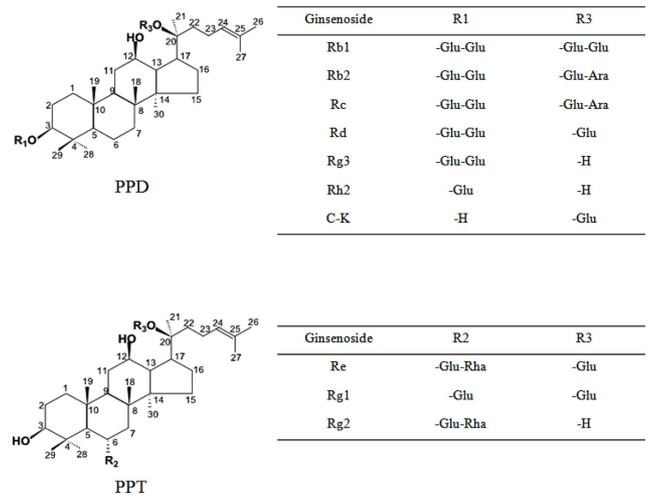


Fig. 3. Chemical structures of ginsenosides and their related compounds.

진세노사이드 Rg2, Rg3, Rh2 등으로 전환되는 것을 알 수 있다. 이러한 진세노사이드의 당 결합은 보통 β -1,2-glycoside 또는 β -1,4-glycoside 등으로 존재하는데 이러한 당의 가수분해를 하기 위해서는 다량의 에너지가 투입이 되거나 특정 효소를 통해서 가수분해 하여 고분자 진세노사이드를 저분자 진세노사이드로 전환시켜야 한다(Zhang et al., 2001). 이러한 glycoside 결합은 C-O 결합을 통해 이루어져 있는데 C-O 결합에너지는 약 76.5 kcal의 결합에너지를 가지고 있다(Peter & Julio, 2006). 따라서 저탄소 공정을 통해 고분자 진세노사이드를 저분자 진세노사이드로 전환시키기 위해서는 약 76.5 kcal보다 많은 양의 에너지가 투입이 되어야한다.

에너지 투입량 1 kwh를 kcal로 전환하면 약 860 kcal가 되는데 상기의 저탄소 공정 중 투입에너지가 가장 적은 초음파 추출공정의 0.5 시간 동안 추출할 때 투입되는 에너지로 약 0.17 kwh가 투입되는데 이를 kcal로 전환하면 약 146.2 kcal 가 된다. 따라서 저탄소 추출 공정을 통해서 저분자 진세노사이드로의 전환은 충분히 가능한 것으로 사료 된다. 각각의 저탄소 추출 공정의 조건에 따른 개략적인 탄소 저감화의 가능성을 확인 하였으며, 마이크로파 추출 공정과 초음파 추출 공정의 경우 0.5 시간과 1.5 시간 추출 하였을 경우가 가장 효율적인 추출 공정으로 저분자 진세노사이드 총량이 각각 1.290 mg/g, 1.442 mg/g 의 농도를 얻었으며, 에너지 소비량은 각각 0.85, 0.51 kwh 의 에너지를 소비하였다. 이산화탄소 배출량은 0.1437 TCO₂와 0.0862 TCO₂로 열수 추출에 비해 이산화탄소 배출이 거의 1/4 가량 감소된 것을 확인 하였다.

초고압 추출 공정의 경우 0.3 시간동안 추출 하였을 경우가 가장 효과적인 추출 조건인 것으로 사료되며, 저분자 진세노사이드의 전체 함량은 1.258 mg/g, 에너지 소비량은

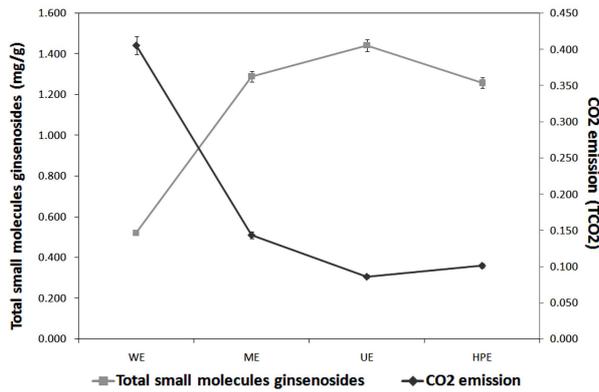


Fig. 4. Comparison of conversion pattern of small molecules ginsenosides and CO₂ emission from large molecules ginsenosides by several extraction processes. (Control: low quality fresh ginseng extracted by water extraction at 100°C for 12 h, ME: low quality fresh ginseng extracted by microwave extraction at 100°C for 0.5 h, UE: low quality fresh ginseng extracted by ultrasonification extraction at 60°C for 1.5 h, HPE: low quality fresh ginseng extracted by high pressure extraction at 40°C for 0.3 h.

0.60 kwh, 이산화탄소 배출량은 0.1101 TCO₂로 나타났다.

따라서 상기의 얻어진 저탄소 추출 공정을 통해 인삼을 추출할 경우의 최적 조건을 비교하여 이산화탄소 배출량(TCO₂)과 얻어진 저분자 진세노사이드 총량의 상관관계를 비교한 결과를 Fig. 4에 나타내었다. 열수 추출 공정의 경우 얻어진 저분자 진세노사이드가 적은 반면 고 에너지 투입에 따른 CO₂ 배출량이 매우 높다는 것을 확인하였다. 그에 반해, 저탄소 추출 공정인 마이크로파, 초음파 및 초고압 공정의 경우 얻어진 저분자 진세노사이드의 양이 높으며, 방출되는 CO₂의 양이 적기 때문에 저탄소 공정으로서의 의미가 있는 것으로 사료된다.

요 약

저탄소 공정을 이용한 추출 기술인 초음파, 마이크로파 및 초고압 추출 공정기술의 이산화탄소 배출량(TCO₂)과 얻어진 저분자 진세노사이드 총량의 상관관계를 비교하였다. 기존의 공정인 열수 추출 공정의 TCO₂ 배출량은 약 0.4 TCO₂로 나타났다. 마이크로파 추출 공정의 경우 0.1437 Ton 당 CO₂를 배출하는 것으로 확인 되었다. 또한, 초음파 추출 공정의 경우 0.0862 Ton 당 CO₂를 배출하는 것을 확인 하였으며, 초고압 추출 공정의 경우 0.1014 Ton 당 CO₂를 배출하는 것을 확인 하였다. 저탄소 공정별 저분자 진세노사이드의 전환된 양을 측정 한 결과 마이크로파 추출 공정의 경우 약 246.65% 정도 증진된 것을 확인 할 수 있었다. 또한, 초음파 공정의 약 275.71% 증진된 결과를 보였다. 초고압 추출 공정의 경우에는 약 295.21% 증진된 결과를 얻었다. 전체적으로 열수 추출 공정의 경우

얻어진 저분자 진세노사이드가 적은 반면 CO₂ 배출량이 매우 높은 것을 확인하였다. 반대로, 저탄소 추출 공정인 마이크로파, 초음파 및 초고압 공정의 경우 얻어진 저분자 진세노사이드의 양이 높으며, 방출되는 CO₂의 양이 기존의 재래 방법보다 적은 것을 확인 하였다.

따라서, 저탄소 추출 공정인 마이크로파, 초음파, 초고압 추출 공정을 통해 인삼을 효과적으로 추출을 할 수 있으며, 친환경 저탄소 공법을 통해 CO₂ 발생량을 억제하여 경제적으로 천연물을 추출할 수 있을 것으로 사료된다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부 보건의료연구개발사업의 지원에 의하여 이루어진 것임(과제고유번호 : A103017).

참고문헌

- Benishin CG. 1992. Actions of ginsenoside Rb1 on choline uptake in central cholinergic nerve endings. *Neurochem. Int.* 21: 1-5.
- Doh ES, Chang JP, Lee KH, Seong NS. 2007. Ginsenoside change and antioxidation activity of fermented ginseng. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 18: 255-265.
- Ha DC, Ryu GH. 2005. Chemical components of red, white and extruded root ginseng. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 34: 247-254.
- Han GW, Lee CH, Chun HD. 2011. Feasibility of mineral carbonation technology as a CO₂ storage measure considering domestic industrial environment. *Korean Chem. Eng. Res.* 49: 137-150.
- Hong HD, Kim YC, Rho JH, Kim KT, Lee YC. 2007. Changes on physicochemical properties of panax ginseng C. A. meyer during repeated steaming process. *J. Ginseng Res.* 31: 175-242.
- Jin L, Han JG, Ha JH, Jeong HS, Kwon MC, Ahn JH, Kim JC, Choi GP, Chung EK, Lee HY. 2008. Effect of immune activity on berberis koreana palibin by ultra high pressure low temperature process. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 16: 439-445.
- Kwon MC, Han JG, Ha JH, Oh SH, Ling J, Jeong HS, Choi GP, Hwang B, Lee HY. 2008. Immuno regulatory effect on *centella asiatica* L. Urban extraction solvent associated with ultrasonification process. *Korean J. Medicinal Crop Sci.* 16: 294-300.
- Lee WK. 2011. Carbon dioxide-reducible biodegradable polymers. *Clean Technol.* 17: 191-200.
- Li XG. 1992. Studies on the transforming mechanism of amino acid components in ginseng in the course of ginseng process. *J. Ginseng Res.* 16:64-67.
- Park SH. 2010. The food industry's greenhouse gas emissions and reduction strategies. *Food Mach.* 7: 3-31.
- Park SJ, Kim DH, Paek NS, Kim SS. 2007. Preparation and quality characteristics of the fermentation product of ginseng by lactic acid bacteria (FGL). *Journal of Ginseng Research.* 30:57-99.
- Park YG, Kim JI. 2010. A Study on the Reduction of CO₂ Emission by the Application of clean technology in the cement industry. *Clean Technol.* 16 :182-190.
- Peter A, Julio P. 2006. Elements of physical chemistry. Oxford

- University Press, Oxfordshire, UK, pp. 71-81.
- Seo YC, Choi WY, Kim JS, Cho JS, Kim YO, Kim JC, Lee HY. 2011. Enhancement of anticancer activities from lithospermum erythrorhizon extracts by ultra high pressure Process. Korean J. Medicinal Crop Sci. 19: 103-110.
- Singh VK, Agarwal SS, Gupta BM. 1984. Immunomodulatory activity of panax ginseng extract. Planta Medica. 50: 462-465.
- Wei Z, Jiyang L, Xinwei L, Qin Y, Pei Z. 2008. Development and validation of a reversed-phase HPLC method for quantitative determination of ginsenosides Rb1, Rd, F2, and compound K during the process of biotransformation of ginsenoside Rb1. J. Sep. Sci. 31: 921-925.
- 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 Soc. Food Sci. Technol. 38: 521-523.
- Yi JH, Kim MY, Kim YC, Jeong WS, Bae DW, Hur JM, Jun MR. 2010. Change of ginsenoside composition in red ginseng processed with citric acid. Food Sci. Biotechnol. 19: 647-653.
- Zhang C, Yu H, Bao Y, An L, Jin F. 2001. Purification and characterization of ginsenoside- β -glucosidase from ginseng. Chem. Pharm. Bull. 49: 795-798.