인삼의 구증구포에 의한 산성다당체, 페놀성화합물의 변환 및 항산화능

김도완 · 이연진 · 민진우 · 김유진 · 노영덕 · 양덕춘*

경희대학교 고려인삼명품화사업단 및 인삼유전자원소재은행

Conversion of Acidic Polysaccharide and Phenolic Compound of Changed Ginseng by 9 Repetitive Steaming and Drying Process, and Its Effects of Antioxidation

Do Wan Kim, Yun Jin Lee, Jin Woo Min, Yu Jin Kim, Young Deok Rho, Deok Chun Yang*

Korean Ginseng Center for Most Valuable Products & Ginseng Genetic Resource Bank, Kyung Hee University

Korean ginseng (*Panax ginseng* C. A. Meyer) has been used as an important medicinal plant in the Orient for a long time. It has been claimed that ginseng has many beneficial bioactive effects on human health, such as antitumor, antistress, antiaging and enhancing immune functions. Red ginseng possibly have new ingredients converted during steaming and dry process from fresh ginseng. In this study, pharmacological efficacy and ingredient conversion of ginseng by 9 repetitive steaming and drying process were invetigated measuring conversion efficiency of acidic-polysaccharide, phenolic compounds and inhibition of peroxide lipides. It was found that acidic-polysaccarides were increased by heat treatment. In addition, maltol of phenolic compounds, strong antioxidant, produced during the process of red ginseng by Maillard reaction. Acidic-polysaccarides and maltol were increased after the 1st and 3rd steaming and drying treatments, but they were decreased gradually after 5th, 7th, and 9th treatments. Antioxidant activity was increased as increasing treatment times of steaming and drying without significance. Effect of red ginseng extract on inhibition of peroxide was increased gradually until after the 7th treatment, but remarkably decreased after the 9th treatment.

Key words : korean ginseng, kujeungkupo, acidic-polysaccaride, phenolic compounds, antioxidant activity

서 론

인삼은 동양에서 오랫동안 이용되어온 전통약용 식물로서 특정생리활성성분의 약리효능을 과학적으로 인정받아 그 수요가 점차 증가하고 있는 추세이다[1,2]. 인삼의 생리활성물질로는 인삼사포닌(ginsenosides), 폴리아세틸렌(polyacetylenes), 페놀성화합물(phenolic compounds), 알칼로이드(alkaloids), 산성다당체(acidic poly saccharides), 아미노산 및 무기원소, 아미노당(amino-sugars) 등이 존재한다[3]. 그러나 그동안 인삼사포닌인 ginsenosides에 대한 연구가 주로 진행되어 왔으며, 비사포닌계열 화학물질에 대해서는 그다지 많은 연구가 진행되지 못하고 있었지만 비사포닌계열 화학물질에서도 항산화성분, 항피로성분, 항암성분등이 밝혀지고, 기타 인삼 alkaloid 및 lignan 성분 등이 밝혀짐으로서 비사포닌계열 성분에 대한 연구도 점차 증가되고 있다[4,5].

인삼의 비사포닌계 화합물중에서 가장 많은 연구가 되어 있는 성분은 산성다당체인데, 산성다당체는 galacturonic acid, glucuronic acid 및 mannuronic acid가 결합된 분자량이 15,000 이상의 다당체로써 중성다당체에 비해 면역체계에 미치는 영향이 크다[6]. 지금까지 분리된 다당체를 살펴보면 홍삼, 백삼, 수삼 등의 인삼류 중 백삼으로부터는 Panaxan A-U 등 저혈당작용을 갖는 21종의 다당체가 분리되었고 그 중 산성다당체는 8종이고 나머지는 중성다당체로 알려져 있다[7,8]. 산성다당체의 주요 약리

* 교신저자 : 양덕춘, 경기도 용인시 기흥구 서천동 경희대학교 생명과학대학
· E-mail : dcyang@khu.ac.kr, · Tel : 031-201-2688
· 접수 : 2008/09/29 · 수정 : 2008/10/26 · 채택 : 2008/12/01

효능은 암세포증식 억제능력[6], 항암면역력증강작용[9], toxohormone-L의 지방분해 저해 활성[10], 홍삼산성다당체(RGAP)의 경구투여에 의한 항종양 효과[11]에 대한 연구가 보고되어 있다.

페놀성물질(phenolic acids)은 최근 인삼에서 비사포닌계 성분들 중 지용성 성분들에 대한 약리효능 결과들이 발표되면서 페놀성 성분들에 대한 관심이 높아지고 있다[12]. 종류에는 caffeic acid, ferulic acids, vanillic acid, matol 등이 있으며, 약리효능으로는 지질과산화억제[13], 항산화[14] 등 주로 항산화 및 지질과산화 억제능 규명 등이 있다. 말톨(maltol)은 페놀성 성분의 일종으로 항산화력은 없으며 심근세포에서 adriamycin 유인 세포막손상 간세포에서 paraquat 유인독성 및 심장에서 재관류 손상 등 생체계에서 산소에 의한 손상을 보호하는 것으로 알려져 있다[15]. Maltol은 1978년 홍삼으로부터 처음 분리 보고되었으며 maltol은 인삼에는 존재하지 않아 홍삼으로 증포 시 가열에 의해 합성되는 것으로 추정된다. 윤 등[16]은 가열온도와 가열시간에 따른 인삼의 이화화적 성분변화를 보고하였는데 가용성 고형분 함량의 경우 가열온도 및 가열시간이 증가할수록 감소하는 것으로 나타났으며 산성다당체 함량, 총 페놀성 화합물 함량도 가열온도 및 가열시간이 증가할수록 증가하는 것으로 나타났다.

구증구포는 예로부터 생지황을 아홉번 찌고 아홉번 건조하여 제조하는 숙지황이 가장 대표적이다. 이러한 숙지황은 증포처리가 증가함에 따라서 악성빈혈 치료효능이 증가한다고 하였는데, 4번 증포한 숙지황 보다 8번 이상 증포한 숙지황에서 효과가 높다고 하였다[17]. 홍삼은 1회 증포하여 가공처리한 고부가가치 제품이며, 구증구포(九蒸九曝)한 보고는 없는 반면, 녹차, 둥굴레 및 숙지황등은 가공처리에 의하여 주로 사용되어 왔다[17-19].

본 연구에서는 이러한 홍삼 가공 시 증포의 횟수가 산성다당체, 페놀성 물질의 이화학적 함량의 변화를 조사하고 이러한 약리활성성분의 변화가 항산화능에 어떠한 영향을 미치는지를 조사함으로서 양질의 우수한 홍삼을 제조 · 가공하기 위한 조건을 검토하고자 하였던 바 그 결과를 이에 보고하는 바이다.

재료 및 방법

1. 재료

인삼(*Panax ginseng* C. A. Meyer)은 경희대 인삼유전자원소재은행에서 분양받았으며 경기도 재배포장에서 채굴된 6년근 인삼을 사용하였다. 각 인삼 시료는 기보고된 방법[20]에 준하여 수행하였으며 6뿌리씩 5개 그룹으로 분류하였고 autoclave를 이용하여 2.5시간 증숙하여 상온으로 냉각한 후 70℃의 열풍 건조기에서 24시간 건조한 후 50℃로 낮추어 약 72시간 건조하였다.

2. 산성다당체 분석

홍삼알코올 추출물에 함유되어 있는 산성다당체는 pectin 정량에 상용되는 carbazole sulfuric acid 방법으로 측정하였으며 대조구에는 carbazole을 사용하였다[21]. 홍삼시료 5 g을 250 ml flask에 정량하고 10배에 해당하는 증류수 50 ml를 첨가하였다. 환류추출기에서 80℃로 6시간 추출한 후 원심분리(4℃, 9000×g, 15분)하여 상등액을 2 ml 취하여 95% MeOH 8 ml를 가하여 10 ml로 정량하였다. 이를 다시 9000×g에서 15분간 원심분리했다. 침전액 200 ㎕를 취하여 증류수 4.8 ml 첨가하여 잘 용해하였다. 용해된 용액 0.5 ml를 취하여 황산 3 ml, carbazole 0.25 ml을 85℃ 수조(water bath)에서 5분간 반응시켰다. 반응이 끝나면 spectrophotometer를 이용하여 525 nm에서 흡광도를 측정하였다[14].

3. 페놀성 물질 분석

시료를 Soxhlet 법으로 diethyl ether를 사용하여 12시간 추출한 후 70℃로 유지한 건조기에서 건조하고 30 mesh 체를 통과시켰다. 각 공정별로 시료 1 g에 70% methanol 과 70% acetone(1:1, v/v)의 혼합용매 20 ml을 가하여 균질기(homogenizer, 동양(주)model 0802)로 5분 간 추출한 후 6000rpm에서 20분간 원심분리하여 상등액과 잔사로 분리하였다. 이 조작을 6회 반복 실시 한 다음, 상등액을 합하여 20 ml 가되도록 감압농축 하였다[22]. 이를 FPA(free phenolic acid) SPA(soluble phenolic acid ester) 및 IPA(insoluble-bound phenolic acid)로 추출, 분획하여 혼합한 것을 시료로 사용하였다. 즉 추출에서는 위의 농축액을 6N HCl을 이용하여 pH 2로 조절하고, 6000 rpm에서 20분간 원심분리하여 침전물을 제거하였으며, 동량의 n-hexane으로 5회 추출하여 유리 지방산과 지방질 오염물질 등을 제거 하였다. 물층은 diethyl ether 와 ethyl acetate(DE/EA-1;1, V/V)의 동량으로 혼합한 혼합용매로 6회 추출하였으며, sodium sulfate(anhydrous)로 잔여 수분을 제거하고 감압 농축하여 시료로 하였다. 추출된 시료를 각 phenol성 물질의 함량 측정은 총 phenol 함량을 측정하는 Bray와 Thorpe[23]의 방법으로 측정하였다. 즉 각 페놀성 물질 0.2 ml에 2% Na_2CO_3 2.0 ml를 가하여 충분히 혼합하고 2분 후 50% Folin-Ciocalteu 시약 0.2 ml를 첨가한 후 상온에서 30분간 방치한 다음, spectronic GENESYS-5, USA)로 750 nm에서 흡광도를 측정하였다[24].

4. 항산화 실험

항산화실험은 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl(DPPH, Sigma, USA), ascorbic acid, 2-thiobarbituric acid(TBA, Sigma, USA), n-butanol, pyridine등의 시약을 미국의 시그마사에서 구입하여 사용하였으며, rotary evaporatory(Eyela, Japan), freeze dryer(Eyela, Japan), deepfreezer(Revco, USA), microplate spectro- photometer (Molecular Devices, USA)등의 기기를 사용하였다. DPPH radical scavenging activity를 알아보기 위하여 이와 이[25]의 방법을 응용하였다. 1, 3, 5, 7, 9차로 증포된 시료를 추출, 농축하여 deep freezer에서 동결건조하여 기본 시료로 사용하였다. 동결건조된 각각의 시료와 같은 농도의 ascorbic acid를 사용하였다. 96 well microplate에 ethanol에 녹인 0.1 mM DPPH와 각 농도의 시액을 동량 첨가한 후 잘 흔들어 섞어준 후, 실온에서 10, 20, 30 분간 방치한 후 microplate spectrophotometer를 이용하여 517 nm에서 흡광도를 측정하였다.

Radical scavenging activity는 다음 공식으로 계산 하였다.

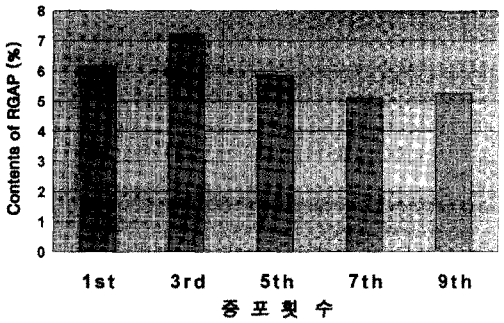
DPPH Radical scavenging activity(%) = {(AB-AT)/AB}×100

[AB-absorbance of blank sample, AT - absorbance of tested extract solution].

결과 및 고찰

1. 구증구포(九蒸九曝)처리에 의한 산성다당체 변화

깨끗이 세척한 6년근 인삼의 구증구포의 가공을 거치는 동안 산성다당체의 전반적인 변화 상황을 조사하였던 바, Fig. 1에서 보는 바와 같이 산성다당체의 함량은 3차 증포시 7% 이상이 생성 되어 가장 많이 증가하였다. 증포횟수에 따라서는 증포 초기 홍삼인 1차, 3차 처리에서는 그 함량이 증가함을 알 수 있으나, 오히려 5차, 7차, 9차 증포시 점차적으로 감소하는 것으로 나타났다. 산성다당체는 7번 증포와 9번 증포 공히 5%정도로 나타나 증포를 계속하더라도 증가되지는 않았다(Fig. 1).



No. of steaming and drying

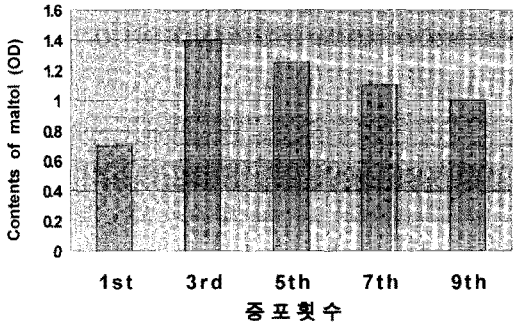
Fig. 1. Change of acidic polysaccharides contents in red ginseng(RGAP) produced by repetitive steaming and drying process.

2. 페놀성 물질(phenolic compound)

Fig. 2는 구증구포 단계별로 페놀성 성분의 생성 및 각 단계별 함량을 조사한 결과인데, 산성다당체와 마찬가지로 1차, 3차까지는 증가하였으나, 오히려 5차, 7차, 9차 처리한 홍삼에서는 소폭 감소하는 경향을 보였다. 또한, 인삼에서 페놀성물질(phenolic acids) 중 하나인 maltol의 함량을 증포에 따른 시기별로 변화되는 양을 조사하였다(Fig. 3). Maltol은 페놀성 물질중 하나로서 홍삼제조과정중 *Maillard*반응에 의하여 생성 되며 그 특성은 녹는점 : 161-162℃ 85 ml의 물에 1 g용해된다. 또한 뜨거운 물과 chloroform에 다량 녹는 것으로 알려져 있다. Maltol은 alcohol에 녹으나 benzene, ether, petroleum ether에 잘 녹지 않는 극성을 가지고 있다. Maltol이 휘발성이 강하기 때문에 GC 로그값을 측정하였는데 1, 3차의 경우 증가하다가 5차이후로는 점차로 로그값이 줄어드는 것을 볼 수 있었다(Fig. 3).

3. 항산화효과

구증구포의 계속적인 증포과정을 통한 항산화력을 비교한 결과 항산화력은 증포가 진행될수록 점차적으로 증가 하는 경향을 볼 수 있지만 1차 증포한 홍삼에 비하여 구증구포된 홍삼에서 큰 차이가 나지 않는 것으로 나타났다(Fig. 4). DPPH 분석법에 의한 항산화력에 관한 실험에서 홍삼자체의 항산화력은 우수한 편이나 증포가 증가할수록 항산화력이 크게 증가하지는 않는 것으로 보인다.



No. of steaming and drying

Fig. 2. Content of pheonolic compound in red ginseng by repetitive steaming and drying process.

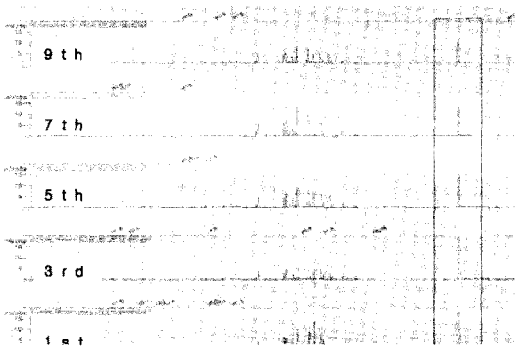
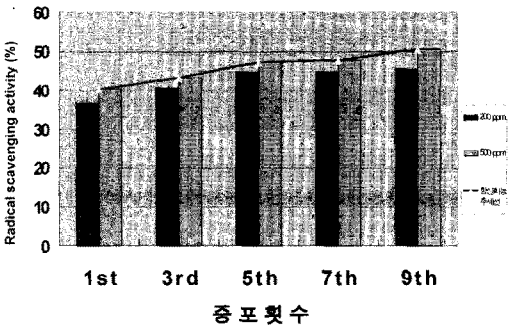


Fig. 3. GC analysis of maltol content in red ginseng by repetitive steaming and drying process.



No. of steaming and drying

Fig. 4. Antioxidant activity analysis by DPPH in red ginseng by repetitive steaming and drying process.

4. 과산화 저해능 분석

본 실험에서는 과산화지질억제효과가 입증되어 있는 홍삼이 구증구포처리를 거치는 동안 과산화억제능이 어떻게 변화되는지 살펴보고자 하였다. 구증구포처리에 따른 홍삼의 과산화 지질에 관한 저해능 분석을 실시한 결과, 증포 횟수가 증가함에 따라서 점진적으로 증가하여 7차에서 큰 폭으로 상승하였지만 9차에서는 3차, 5차 수준으로 큰 폭으로 감소하는 것으로 나타났다(Fig. 5). 구증구포 처리 시 과산화 저해능은 7차에서 최대치까지 증가

하는 것으로 나타났다.

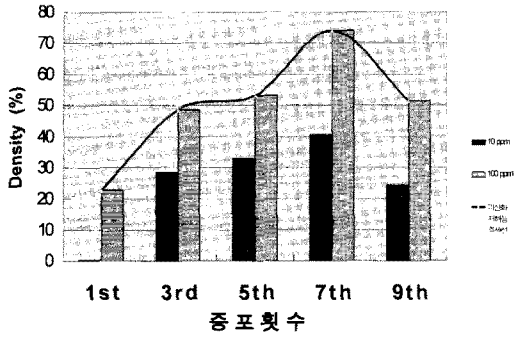


Fig. 5. Inhibition of hydrogen peroxide in red ginseng by repetitive steaming and drying process.

고 찰

간암 또는 난소암 환자의 복수나 악성 임파선 종양 환자의 늑막액에는 지방분해를 촉진하는 toxohormone-L이라는 분자량이 약 70,000 dalton 정도의 단백질이 존재한다. 이물질은 지방분해를 촉진하는 작용 외에 음식과 물의 섭취량을 감소시켜 암환자의 상태를 더욱 악화시킨다. 지방분해 촉진작용과 식욕증추에 작용하여 식욕부진 현상을 일으키는 toxohormone-L의 활성을 억제하는 물질을 홍삼에서 조사한 결과 ginsenoside-Rb2와 산성다당체임이 밝혀졌고, 그 활성은 ginsenoside-Rb2보다 산성다당체가 10배 정도 더 크다고 보고되었다[26]. 백삼의 물 추출물에서 분리된 다당체 ginsan은 Th1세포와 macrophage 유래의 cytokine을 유도하여 killer cell을 활성화시킴으로써 암세포를 사멸시킬 수 있음이 Kim 등[27]에 의해서 보고된 바 있다. 홍삼으로부터 Park 등[28]이 분리한 홍삼 산성다당체가 in vitro 및 in vivo 실험에서 macrophage를 증가시켜 nitric oxide(NO) synthase를 활성화시킴으로써 NO를 생성하여 암세포를 파괴한다고 보고된 바 있다.

산성다당체는 홍삼 증포시 가열에 의해 증가한다고 알려져 있으며, 함량은 인삼 속 α-amylase의 함량이 홍삼제조가공시 산성다당체의 함량에 영향을 미친다고 보고 되어있다[29]. 산성다당체의 추출에 미치는 영향은 도 등[30]이 실험한 연구 결과에서 효소 및 알코올, 입자상태 및 추출횟수에 대한 검토가 이루어져 있다. 본 연구에서는 이러한 기초 자료를 바탕으로 구증구포의 가공을 거치는 동안 산성다당체의 전반적인 변화 상황을 연구하였다.

특히 이러한 산성다당체는 미국삼, 전칠삼, 고려인삼 등에서 그 함유량이 다른 것으로 보고되어있다. 고려홍삼을 기준으로 할 때 고려인삼(백삼)의 산성다당체는 고려홍삼의 40%에 불과하며 미국삼은 50% 이하의 수준이고 전칠삼도 고려인삼(백삼)이나 고려홍삼보다 훨씬 적은 것으로 확인되었다[30]. 따라서 고려인삼을 3회정도의 증포에 의하여 산성다당체를 증가시켜 사용한다면 고려인삼의 성과를 더욱 높일 수 있을것으로 사료된다.

인삼에서 phenolic compounds에는 caffeic acid, ferulic acids, vanillic acid, matol 등이 있으며, 이런 물질들이 지질과산화억제[13] 및 항산화[14] 등에 효과가 밝혀지면서 많은 연구들이 진행되고 있으며, 본 실험에서는 증포에 의하여 변화되는 maltol의 함량을 조사하였다. Maltol의 주요기능은 항산화 활성으로서 활성산소에 의한 조직손상을 완화시켜 하이드록실기를 제거하여 암의 발병, 허혈성 심장질환 그리고 항노화 등에 효과가 있다. 이러한 maltol은 인삼 속에는 존재하지 않고 홍삼에서만 존재하는 물질로서[31], 가열처리에 의해 비교적 쉽게 발생하지만, 휘발성이 강해서 가열에 의해 또한 쉽게 소실되는 특징이 있다. 이에 따라 구증구포 제조시, 3차까지는 그 함량이 증가하지만, 그 이후부터는 감소한 것으로 보여진다.

산화반응 중 발생된 활성산소는 세포막을 형성하는 주성분인 지질의 과산화 현상을 불러와 조직 손상을 유발하고 기관과 세포의 쇠퇴를 초래한다[32]. 노화현상 및 수많은 성인병이 활성산소에 의해서 진행된다는 사실이 밝혀지면서[33] 체내의 활성산소를 효과적으로 제어할 수 있는 황산화에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. Shin 등[15]의 보고에 의하면, maltol이 활성산소에 의한 조직손상을 완화시켜 주며 이러한 작용은 하이드록실기를 제거시켜 줌으로써 암의 발병, 허혈성 심장질환, 노화 등과 같은 질환에서 활성산소가 관여하는 과정에 인삼이 유용하리라는 응용가능성을 제시하였다.

과산화지질은 불포화지방산이 산소를 흡수하여 산화되어 생기는 물질로서, 과산화 지질현상은 유전자 구조나 변이를 촉진하며, 단백질 손상을 초래함으로 인해 심혈관계의 성인병을 유발하여 노화를 촉진할 뿐 아니라 암 등의 악성 신생질환을 유발하고 폐기종, 백내장 등의 질환을 유발한다[34,35]. 진 등[36]은 당뇨병유발 백서에서 홍삼정을 투여하여 혈장과 간, 신장 및 심장 조직에서 지질과산화물이 감소하였으며, 시험관내에서도 홍삼정이 인지질 리포솜이나 저밀도지단백의 지질 과산화를 억제하는 작용이 있음을 보고하였다. Li 등[37]은 배양된 심근세포의 유리 라디칼에 의한 손상이 사포닌 성분 첨가로 감소되고 인삼 추출액이 구리이온에 의한 LDL의 산화와 적혈구막의 지질 과산화를 효과적으로 억제함을 보고한바 있다.

지속적인 증포과정에서 가열로 인하여 형성되는 갈변물질 등의 증가로[28] 항산화력이 상승하지만 또한 maltol 등이 감소하면서 항산화력이 크게 증가 하지 않는 것으로 추정된다. 홍삼자체의 항산화력은 우수한 편이나 증포가 증가할수록 항산화력이 크게 증가하지는 않는 것으로 나타났다.

최근 노년인구의 증가와 웰빙을 선호하는 영향으로 건강식품에 관한 수요가 증가하고 있으며 또한 건강식품의 일환으로 홍삼의 수요가 증가하고 있는 상태인데, 이러한 수요를 충족시키고자 소화흡수력을 높인 발효홍삼제품 등 다양한 홍삼제품들이 개발되어 판매되고 있는데, 구증구포 방법을 이용한 홍삼의 제조방법 또한 홍삼의 부가가치를 한층 더 높일 수 있는 제품으로 진행될 것으로 보인다. 그 동안 녹차[18,19]와 둥굴레[38], 숙지황[17] 등에서 구증구포를 통하여 품질변화에 대한 연구가 있을 뿐이며 인삼에 대해서는 과학적인 근거가 부족한 현황이다. 민간에서는 구증구포를 근간으로 하여 흑삼이라고 하여 제품이 나오

고 있긴 하지만, 본 실험에서 효능을 조사한 바와 같이 무조건 많은 횟수를 증포한다고 하여 특정성분이 많아지며 약리효능도 증가되는 것은 아니기 때문에 추후 증포횟수에 따른 약리효능이 맞춤형으로 이루어져 오히려 고려홍삼의 위상이 저하되지 않기를 바란다.

결 론

홍삼을 구증구포로 가공 시 증포처리에 따라 홍삼의 주요 성분인 산성다당체 및 페놀성 물질 등의 약리성분에 대한 변화를 조사하였고, 이러한 성분 변화가에 따른 항산화력에 변화가 있는지 확인하였다. 산성다당체는 구증구포 처리과정에서 초기에는 함량이 증가하였으나, 5차 이후에는 점차적으로 감소하였고 페놀성 물질 중 maltol 생성은 1차, 3차까지는 증가하였으나, 5차, 7차, 9차로 증포 처리가 증가할수록 소폭 감소하는 결과를 보였다. 산성다당체와 maltol 함량에 관한한 증포를 많이 할수록 오히려 함량에 역효과를 보였다. DPPH를 통한 항산화능, 과산화 저해능 분석 결과, 7차 증포처리까지는 점진적으로 증가하였지만, 9차에서는 감소하는 것을 확인할 수 있었다.

감사의 글

본 연구는 농림부 농림기술개발사업에 의해 선정된 고려인삼명품화사업단(KGCMVP)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

참고문헌

1. Huh, B.H., Lee, I.R., Han, B.H. Lingans from Korean red ginseng. Arch Pharm Res. 13: 278-281, 1990.
2. Matsunaga, H., Katano, M., Yamamoto, H., Fujito, H., Mori, M., Takata, K. Cytotoxic activity of polyacetylene compounds in Panax ginseng C.A. Meyer. Chem Pharm Bull. 38: 3480-3482, 1990.
3. Namba, T., Yoshizaki, M., Tomimori, T., Kobashi, K., Mitsui, K. Chemical and biochemical evaluation of ginseng and related crude drugs. Yakugaku Zasshi. 94: 252-260, 1974.
4. Han, B.H., Park, M.H., Han, Y.N. Studies on the antioxidant components of Korean ginseng (Ⅲ). Identification of phenolic acid Arch Pharm Res. pp 53-58, 1981.
5. Hwang, W.I., Park, G.H., Paik, J.M. A cytotoxic activity of Panax ginseng extract against bome cancer cells in vivo and in vitro. Proceedings of Korea-Japan Panax ginseng symposium, Seoul, Korea. pp 29-37, 1987.
6. Srivastava, R., Kulshreshtha, D.K. Bioactive polysaccharide from plants. Phytochem. 28: 2877-2883, 1989.
7. Konno, C., Hikino, H. Isolation and hypoglycemic activity of panaxans M,N,O and P, gylcans of Panax ginseng roots. Int J Crude Drug Res. 25: 53-58, 1987.
8. Konno, C., Murakami, M., Oshima, Y., Hikino, H. Isolation and hypoglycemic activity of panaxans Q,R,S,T and U, gylcans of Panax ginseng roots. J Ethanophamacol. 14: 69-74, 1987.
9. 김기환, 정인성, 정희용, 조성기, 윤연숙. 홍삼다당체의 항암 면역증강작용연구. J Ginseng Res. 21(2):78-84, 1997.
10. 황윤경, 이성동. 홍삼 산성 다당체 성분의 알독소 호르몬-L에 의한 지방 분해 저해 활성. Korean J Food & Nutrition. 5(1):7-12, 1992.
11. 곽이성, 신한재, 송용범, 경종수, 위재준, 박종대. 홍삼산성다당체(RGAP)의 경구투여에 의한 항종양 효과. J Ginseng Res. 29(4):176-181, 2005.
12. 유병삼, 이호재, 변상요. 고려인삼과 장뇌삼의 페놀성 성분 비교연구. Korean J Biotechnl. Bioeng. 15(2):120-124, 2000.
13. Han, B.H., Han, Y.N., Park, M.H. Chemical and biochemical studies on the antioxidant components, advances in hinese medicinal materials research. World Scientific Co. Philadelphia. pp 485-498, 1985.
14. Lee, D.W., Sohn, H.O.. Lim, H.B. Lee. Y.G. Antioxidant Action of ginseng : An hypothesis. Korean J Ginseng Sci. 19(1):31-38, 1995.
15. Shin, J.G., J.W. Park, J.K. Pyo, M.S. Kim and M.H. Chung. Protective effects of a ginseng component, maltol (2-methyl-3hydro-3-hydroxy4 -pyrone) against tissue damages induced by oxygen radicals. Korean J. Ginseng Sci. 14: 187-190, 1990.
16. 윤성란, 이명희, 박정현, 이인선, 권중호, 이기동. 가열처리에 따른 인삼의 이화학적 성분변화. 한국식품영양과학회지 34(10):1572-1578, 2005.
17. 마진열, 하창수, 성형제, 지옥표. Cyclophosphamide로 Rat에 유도된 악성빈혈에 대한 숙지황의 증(蒸)수에 따른 치료효능에 관한 연구. Kor J Pharmacogn. 31(3):325-334, 2000.
18. 전정례, 박금순. 구증구포에 의한 녹차 제조 I. 일반성분 분석 및 화학적 조성. 한국조리과학회지. 15(2):95-101, 1999.
19. 전정례, 박금순. 구증구포에 의한 녹차 제조 II. 관능적 품질 특성 및 기호도. 한국조리과학회지 15(2):475-482, 1999.
20. 김도완, 이연진, 민진우, 이범수, 인준교, 양덕춘. 인삼의 구증구포에 의한 갈변물질, 조지방, 조단백 및 향기성분의 변화. 동의생리병리학회지 22(2):333-339, 2008.
21. Matissek, R., Schnepel, F.M., Steiner, G. Lebensmittel-analytik. Springer-Verlag, Berlin. pp 160-163, 1989.
22. 정일민, 김승현. 페놀화합물 분석. 유용성분 분석 (건국대학교). pp 44-50, 2004.
23. Bray, H.G., Thorpe, W.V. Analysis of phenolic compounds of interest in metabolism. Methods Biochem Anal. 1: 27-52, 1954.
24. Hammer, S.P.A. Pratt, P.E. Phenolic antioxidant activity of dried soybean. J Food Sci. 43: 556-571, 1978.

25. 이동진, 이지영. DPPH법에 의한 항산화활성 평가. 생리활성 검정(단국대학교). pp 187-194, 2004.
26. Okuda, H., Lee, S.D., Matsuura, Y., Zheng, Y., Sekiya, K., Takaku, T., Kameda, K., et al. Biological activities of non-saponin compounds isolated from Korean red ginseng. T. Proceedings of International Symposium of Korean ginseng. The Society for Korean Ginseng. Seoul. Korea. p 15, 1990.
27. Kim, K.H., Lee, Y.S., Park, S.Y., Chung, H.Y., Lee, I.R., Yun, Y.S. Acidic polysaccharides from the root of Panax ginseng, ginsan, induced Th1 cell and macrophage cytokine and generates LAK cells in synergy with rⅡ-2. Planta Medica. 64: 110-115, 1998.
28. Park, K.M., Kim, Y.S., Jeong, T.C., Joe, C.O., Shin, H.J., Lee, Y.H., Nam, K.Y. et al. Nitric oxide is involved in the immunomodulating activities of acidic polysaccharide from Panax ginseng. Planta Medica. 67: 122-126, 2001.
29. 도재호, 이종원, 이성계, 성현순. 홍미삼 알콜 추출박을 이용한 산성다당체 다량 함유홍삼 엑기스 제조. Korean J Ginseng Sci. 20(1):60-64, 1996.
30. 도재호, 이형옥, 이성계, 장진규, 이성동, 성현순. 인삼 산성다당체의 비색정량 방법과 그 추출조건 및 안정성. Korean J Ginseng Sci. 17(2):139-144, 1993.
31. 이종원, 도재호, 이성계, 양재원. 고려홍삼의 총 페놀성분의 정량 및 그 추출조건. J Ginseng Res. 24(2):64-67, 2000.
32. Sjodin, B., Westing, H.Y., Apple, F.S. Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise. Sports Med. 10: 236-254, 1990.
33. 이양자, 이종호, 박태선, 김미경, 김수연, 윤지영, 정은정. 항산화영양소와 건강. 연세대학교 식품영양과학연구소. pp 6-7, 1998.
34. Yagi, K. Lipid peroxides and human disease. Chemistry and Physics of lipids. 45: 337-351, 1987.
35. 최종환, 김영수, 이규문, 김현주. 홍삼복용이 노인들의 유산소 운동시 발생된 활성산소에 미치는 영향. J Ginseng Res. 28(1):27-32, 2004.
36. 진희종, 임성희, 임자혜. 당뇨병유발 백서에서 홍삼의 지질과산화에 대한 효과. 대한당뇨병학회지 25(5):374-383, 2001.
37. Li, J., Huang, M., Teoh, H., Man, R.Y.K. Panax quinquefolium saponins protects low density lipoproteins from oxidation. Life sciences. 64: 53-62, 1999.
38. 이기동, 정용진, 박난영, 권중호. 둥굴레 구증구포 (九蒸九暴)에 따른 특성 변화 모니터링. 한국식품영양과학회 제44차 추계 학술발표회 - 식품가공 분야. p 68, 1998.