

인삼의 활성성분 및 기타연구

한 병 훈

서울대학교 천연물과학연구소 명예교수

서 론

인삼의 성분 연구는 1850년대에서부터 시작하여 그 동안 많은 업적이 보고되었는데 1950년대부터 시작된 사포닌성분에 관한 화학적인 연구는 스펙트로메트리법과 크로마토그래피법의 눈부신 발전의 덕으로 비약적인 성과를 이룩하여 인삼에 관한 다른 분야의 연구도 함께 촉발하게 한바 있었다. 이로 인하여 촉발된 인삼의 성분연구는 사포닌성분에 극한하지 않고 다른 계열의 다양한 성분 즉 알카로이드성분, polyacetylene성분, lignan성분, 휘놀성성분, 정유 및 각종 terpenoids성분 등에 대하여 많은 연구가 진척되어 오늘에 와서는 이제 인삼의 지용성성분에 관해서는 아직 연구되지 아니한 새로운 성분을 찾기 어렵게 된 실정이다. 그러나 아직도 수용성 성분에 대해서는 순수 분리하는 것이 지용성 성분보다 어려운바가 있어서 지용성성분만큼 연구되지 못하고 있다. 따라서 이 앞으로의 인삼의 성분연구는 주로 수용성 성분에 초점을 맞추어야 성과를 얻기 쉬울 것으로 보인다. 그동안의 인삼성분 연구성과는 [한국인삼사]책자에 잘 정리되어 있고 특히 1970년 이후의 인삼 성분 연구는 [고려인삼연구 20년사, 1997년, 고려인삼학회 편] 책자에 매우 잘 정리되어 있다. 따라서 중복을 피하는 뜻에서 인삼성분의 과거 연구성과에 대해서는 언급을 피하고 한국인삼공사 출연으로 고려인삼학회의 년차사업으로 연구비를 지원하여 1995년부터 2000년까지 수행하였던 인삼연구사업의 성과들 중 인삼의 성분연구 또는 항산화 활성물질, 및 기타 화학적인 연구성과들만을 본인이 담당하여 요약하고 그 성과에 대하여 약간의 의견을 첨가하여 고찰하기로 한다.

인삼 사포닌의 제조에 관한 연구

임광식 등¹⁾은 인삼의 지상부에서 총사포닌을 분리한 다음 피리딘 등과 같은 비수성용매 중에서 Na-alkoxide를 사용하

고 azeotropic distillation 등과 같은 무수 조건에서 반응시켜 genuine aglycone인 protopanaxadiol 또는 protopanaxatriol을 epimerization과 같은 부반응 없이 고수율로 제조하는 이른바 알칼리-분해법을 수립하였으며 이 방법으로 만든 인삼의 genuine sapogenin에 포도당을 결합시켜 monoglucoside를 높은 수율로 합성하는 배당체 역합성법을 수립하였다. 그러나 비당질중에 들어 있는 여러 개의 수산기 중에서 위치선택성 있게 하나의 당을 결합시키는 방법은 아직 해결하지 못하였다. 한편 비수성용매 중에서 alkoxide에 의하여 알칼리분해를 할 때 소량의 친수성용매를 첨가하는 방법으로 반응속도를 적절히 감속시키면 20-S-glucoside 결합이 분해되지 아니한 prosapogenin도 얻을 수 있는데 이들 중에는 B16-melanoma cell의 증식을 억제하면서 홍삼에 미량으로 들어 있는 항암성분 ginsenoside-Rh2를 고수율로 얻을 수 있었다고 한다. 계속하여 임광식 등²⁾은 인삼의 총사포닌을 알칼리 분해법으로 분해하여 protopanaxadiol을 얻고 이 물질의 C₃-수산기에 glucose 잔기를 위치선택성 있게 결합시켜 monoglucoside를 고수율로 합성시키기 위하여 12번 수산기를 선택적으로 보호하는 방법을 수립하였다. 즉 protopanaxadiol의 peracetate를 만든 다음 완화된 반응조건에서 알칼리 가수분해하여 C₁₂-acetyl기만을 가수분해하여 C₃-monoacetate를 얻고 이를 2,3-dihydropyran처리하여 C₁₂-pyranylether을 만들고 다시 알칼리 가수분해하여 C₃-hydroxy-C₁₂-pyranylether을 얻고 여기에 bromo-tetraacetyl glucoside를 Koenig-Knorr 법으로 연결하면 ginsenoside Rh2-tetraacetate가 얻어지는데 그 수득율은 높지 않았다. 수득율을 높이기 위하여 bromo-tetraacetyl glucoside 대신에 tetraacetyl glucosetrichloroacetamidate를 쓰면 배당체 합성 반응의 수율은 매우 높아지는데 aglycone의 side chain이 cyclization 되는 것이 미해결의 문제점이다. 이상의 시도는 인삼의 지상부에 있는 ginsenoside 또는 기타 천연자원에서 인삼사포닌의 aglycone을 대량으로 제조하여 항암작용이 있는 것으로 알려진 ginsenoside Rh2를 대량 합성하는 방법을 수립하려고 한 연구로서 장차 ginsenoside의 어떤 성분이 의약품으로 개발되었을 경우에 활용가치가 있는 연구로 평가된

¹⁾본 논문에 관한 문의는 이 저자에게로
(전화) 02-923-5025
(E-mail) bhhan33@nownuri.net

다. 한편 오훈일 등³⁾은 인삼의 조직배양을 통하여 인삼사포닌을 생산하는 방법을 수립하고자 하였다. 우선 인삼조직의 최적 현탁배양 배지조건을 결정하고자 하였는데 이를 위하여 개갑된 인삼 씨앗에 흠집을 내고 Ms-배지에서 배양하면서 식물생장촉진제로 callus를 유도하고 SH배지에서 root를 유도한 다음에 이 배지에서 doubling time, callus의 무게, total saponin의 생성량 및 그 조성에 미치는 growth regulator의 종류와, 배지의 초기-PH, sucrose 농도, 질소화합물의 농도, 인산염의 농도, elicitor의 영향, 광과장의 영향등을 조사하여 contour plot 법으로 평가하여 배양조건을 최적화를 시도하였다. 그 결과 root 배양에 효과적인 배지는 SH-배지이고 초기 doubling time은 약 10일 정도이고 callus의 fresh weight 증가를 위한 최적 배양조건은 PH 7.0, sucrose 3%, nitrogen 0.01%, 인산염 0.079% 이고. 사포닌 생산의 최적화를 위한 배양조건은 PH 7.0, sucrose 7%, nitrogen 0.01%, 인산염 0.027% 인 것으로 나타났는데 이들 두 배양 조건은 유사하였고 사포닌의 TLC-pattern 은 재배인삼의 사포닌 TLC-pattern 과 거의 유사함을 관찰하였다. 이런 연구는 인삼 경작업자의 입장을 고려하여 과거에 국내학자들은 이 연구를 기피하는 경향이었는데 그러는 가운데 선진국 학자들은 이미 조직배양에 의하여 인삼 사포닌을 Tank배양하여 제약원료로 사용할 수 있을 정도로 경제성 있는 방법들을 수립한지 매우 오래되었다.

홍삼 산성다당체에 관한 연구

각종 식물 또는 버섯에 함유되어 있는 산성다당질 들이 항암작용 또는 면역활성 증강작용 등이 있는 것으로 널리 알려져 있다. 따라서 인삼 또는 홍삼에 함유된 산성다당질에 대해서도 유사한 생리활성이 기대되고 있었다. 한용남 등⁴⁾은 홍삼 또는 홍삼을 95%-에탄올로 추출한 잔사인 홍삼박에서 물 또는 60%-에탄올로 추출한 추출물에 중성 또는 산성 다당체가 함유되어 있음을 확인하고 산성다당체를 이온교환크로마토그래피 하여 분자량 2000K, 580K, 및 10K의 3개 다당질 성분을 분리하였다. 이들에 대하여 면역증강효과를 조사한 결과 중성 다당체에는 활성이 없고 분자량 10K되는 산성 다당체에 면역 증강 작용이 있음을 관찰하였다. 이정규 등⁵⁾은 홍삼에서 산성다당체를 알칼리 추출법으로 추출하고 DEAE-Gel 여과법으로 정제하여 얻은 산성다당체에 대하여 간기능에 미치는 효과가 있는가를 검토하였다. 즉 알코올에 만성중독을 일으킨 흰쥐에 홍삼 산성다당체를 경구 투여하여 간장중의 알코올 대사효소계 및 유리기 소거에 미치는 영향을 조사하였다. 이를 위하여 간-homogenate에서 알콜탈수소효소, 알데히드탈수소효소, 아미노피린-N-메틸아

제, 그루타치온환원효소, 그루타치온합성효소, 그루타치온-S-트랜스퍼라제, 미토콘드리아-카타라제 등의 효소활성과 그루타치온의 함량을 측정하였다. 그 결과 홍삼에서 분리한 산성 다당질의 경구투여가 알콜 대사효소계를 활성화하고 알콜 투여로 인한 유리기 소거계의 감소를 원상으로 회복시키는 현상을 관찰하였고 또 인삼의 산성다당질이 알콜의 장기간 투여로 야기되는 흰쥐의 간장중 알콜대사효소계의 활성 변동을 정상화시킨다고 밝히고 있다. 계속하여 이정규⁶⁾등은 알콜성 고지혈증 및 acetaminophen 으로 간손상을 유도한 쥐의 성장, 지질대사, 및 지질과산화에 미치는 영향을 검토하기 위하여 홍삼 산성다당류를 흰쥐에게 1일 50 mg/kg 식 1-4주간 경구투여하고 매주 1회 간과 혈액을 채취하여 총코레스테롤, 혈중-HDL 및 LDL, phospholipid, triglyceride, 간조직중 지질, 지질과산화물 및 glutathione 등의 함량과, P-450, anilinehydroxylase, aminopyrine-N-demethylase, glutathione-s-transferase glutathione-reductase, γ -glu-cys synthetase 등의 효소활성을 측정하였다. 그 결과 홍삼의 산성 다당류는 알콜중독으로 인한 지방간 및 간장비대를 호전시켰으며 고지혈증을 유의적으로 개선시켰는데 이 효과는 투여기간에 비례한다고 하였다. acetaminophen 투여로 증가하던 지질과산화물도 감소시키는데 glutathione-s-transferase 의 활성증가로 인한 효과로 추정하였다. 계속하여 이정규 등⁷⁾은 흰쥐의 알콜-중독모델에서 free radical의 생성 및 해독계에 미치는 영향을 보기 위하여 흰쥐에 산성다당류를 2주일동안 경구 투여 하고 마지막 1주일동안은 acetoaminophen 800 mg/kg 를 병용투여 한 다음에 간과 혈액을 채취하여 과산화지질, glutathione등의 함량, aminotransferase, sorbitol dehydrogenase, γ -glutamyltransferase, alkalinephosphatase, lactate dehydrogenase, cyt-P-450, aminopyrine demethylase, anilinehydroxylase, UDP-glu curonyl-transferase, sulfotransferase, glutathione-s-transferase, γ -glu-cys synthetase, glutathione reductase 등의 효소활성을 측정하였다. 그 결과 산성다당류 투여로 glutathione 함량, glutathione-s-transferase 및 glutathione reductase 활성은 증가되었으나 기타 효소는 변화 없다고 하였다.

이들 연구에서는 간장중의 많은 효소활성에 대한 영향을 측정하여 검색하고 있으나 현상론적인 관찰의 범위를 벗어나지 못하고 있다. 다른 식물들의 다당체 연구에서도 있는 일이지만 산성다당체가 위장관에서 흡수되어 각종 조직에 도달이 되는지에 대한 연구가 후속되면 좋을 것으로 생각된다. 한편 이성동 등⁸⁾은 산성다당체에 대하여 항암 및 항고혈압 효과의 가능성을 탐색하기 위하여 Sarcoma-180을 흰쥐의 복강에 접종한 2주 후에 채취한 복수를 암독소호르몬-L의 지방분해 효소원으로 하고, 흰쥐의 lung homogenate를 투석 및

gel-filtration 법으로 정제하여 angiotensin converting enzyme (ACE)의 효소원으로 사용한 *in vitro* 시험계에 홍삼의 산성 다당체 성분을 gel filtration 하여 얻은 각종 분획물을 첨가하고 배양하여 이 산성다당체 성분이 나타내는 효소활성 억제효과를 측정하였다. 그 결과 암독소호르몬-L의 지방분해 효소활성을 강하게 억제하는 분획과 ACE를 저해하는 분획은 일치하지 않았다고 보고하고 있다. 동일한 실험을 백삼과 홍삼의 산성다당체 분획에 대하여 비교 분석하였고 미삼과 동체의 산성 다당체 분획물에 대하여서도 비교하였으나 뚜렷한 결론을 도출하지 못하고 있다. 또 이성동 등⁹⁾은 홍삼의 알칼리 추출물로부터 음이온 교환 크로마토그래피, 겔여과 크로마토그래피법을 이용하여 항혈전활성을 갖는 다당체를 분리하였다. 이 다당체는 셀룰로사아세테트막 전기영동에서 단일 물질로 나타났다. 겔여과크로마토그래피에 의한 분자량 추정치는 177KDa 이고 40.2%의 uronic acid와 9.2%의 황산기와 1.5%의 단백질을 함유하는 산성다당체인데 당조성은 랍노스 : 만노스 : 가락토스 : 아라비노스 : 구루코스 : 후코스 : 자이로스 : 1.00 : 0.88 : 0.86 : 0.78 : 0.70 : 0.33 : 0.22의 비율이었다. 이 산성다당체는 내인성경로를 통해 혈액응고를 저해하는 것으로 나타났고 트롬빈에 의한 피브린의 응고도 저해하였다. 그런데 이 산성다당체의 혈액응고 저지활성의 역가를 측정하지 아니한 것이 아쉬운 점으로 보인다.

인삼의 항산화활성과 관련된 연구

인삼의 항산화활성에 대하여서는 한병훈 등¹⁰⁻¹¹⁾에 의하여 이미 보고된바 있었는데 홍삼에만 함유된 Maltol을 비롯하여 백삼과 수삼에도 함유된 페놀성 성분들이 ethanol intoxication으로 유도된 과산화지질 생성에 대하여 강력한 항산화활성의 유효성분이라는 것을 밝히고 사포닌 성분에 대해서는 불순한 총사포닌분획에서는 항산화 활성이 나타나지만 순수 분리된 ginsenoside들에서는 항산화활성이 나타나지 않는다는 동물실험 결과를 밝힌바 있었고 인삼의 항피로효과도 항산화활성에 의한 과급효과라는 사실을 밝힌바 있었다. 최동섭 등¹²⁾은 인슈린비의존형 당뇨병환자의 적혈구막에 다량의 과산화지질이 생성된다는 사실에 주목하여 고려대병원에 래원한 인슈린 비의존형 당뇨병 환자(혈당치 140 mg/dl 이상, 표준 또는 과체중, 40세 이상)를 대상으로 하여 혈당조절을 위한 정상적인 치료를 병행하면서 홍삼을 매일 2.7 mg식 6개월 동안 장기간 투여한 홍삼군 14명과 대조군 17명에 대하여 2주, 2개월, 4개월, 6개월에 혈당, 당화혈색소, 총콜레스테롤, 중성지방, HDL-콜레스테롤, 적혈구막의 지질과산화, 및 혈청내 SOD활성을 측정하여 홍삼군과 대조군을 비교하고 처음 래원했을 때의 측정치와 비교하였다. 그 결과 홍삼투여로

인하여 혈중 총콜레스테롤 함량이 감소하였는데 통계학적으로 유의하였고 적혈구의 지질과산화가 감소되는 경향이었고 혈청내 SOD 활성이 증가되는 경향이었으나 통계적으로 유의하지는 않았다고 하였다. 한편 서준규 등¹³⁾은 당뇨의 합병증으로 오는 발기력 감퇴가 free radical에 의한 피해와 관련된다는 관점에서 streptozocin 투여로 인슈린 비의존성 당뇨를 유발한 흰쥐에 대하여 홍삼 투여군과 대조군으로 나누어 음경발기력 시험, 음경 호모제에이트에서 glutathione 함량, 및 MDA 함량을 측정하였다. 그 결과 홍삼 투여군은 당뇨 유발로 인하여 저하되었던 발기력이 정상으로 회복되었고 glutathione 함량도 당뇨로 인하여 감소되었던 것이 홍삼 투여로 회복되었으며 MDA 함량도 당뇨로 인하여 증가되었으나 홍삼투여로 감소되고 있음을 보여주었다. 최종환 등¹⁴⁾은 홍삼 복용이 노인들의 유산소성 운동시 발생하는 활성산소의 영향에 미치는 효과를 알아보기 위하여 노인과 젊은이들을 대상으로 하여 중간정도 및 최대운동을 시키고 홍삼 복용전과 복용후 12주에 혈장 및 혈청내 malondialdehyde 수치를 안정시, 운동직후 및 회복기에 측정한 결과 홍삼을 복용한 실험군에서 대조군에 비하여 유의성 있게 MDA 수준이 저하되어 있었다. 따라서 홍삼 복용은 축적된 과산화지질을 제거하거나 또는 과산화지질의 생성을 억제하는 항산화제로서의 효과가 있음을 알 수 있었다. 정해영 등¹⁵⁾은 홍삼의 총사포닌이 생체내에서 활성산소를 제거하는 능력이 있는가를 밝히기 위하여 ICR계 마우스의 복강에 5일동안 홍삼 총사포닌 또는 단리된 몇가지 ginsenoside 성분들을 주사하여 효소유도를 한 다음에 그 간을 적출하여, 총활성산소 생성능, carbonyl 기 함량 지질과산화물 함량, 총-SH 함량, 비단백성 SH함량, catalase 활성, GSH-peroxidase 활성, 각종 superoxide dismutase 활성, 등을 측정하여 항산화활성을 평가하였다. 그 결과 total free radical 및 malondialdehyde는 유의성 있게 감소하였고 SOD, catalase, GSH-reductase의 활성, 및 nonprotein-SH 함량이 증가하였다. 이 효과는 단리된 ginsenoside에서도 관찰되었다. 이런 효과는 free radical의 생성 감소 및 제거력 증가와 관련된 효소들인 SOD, catalase, GSH-reductase의 효소유도로 인한 결과로 해석된다. 이 결과는 일핏 보면 한병훈 등의 결과와 일치되지 않는 부분이 보이는데 정해영 등의 결과는 ginsenoside를 비교적 장기간 투여하여 효소유도를 한 결과 때문인 것으로 생각된다. 한편 유재하 등¹⁶⁾은 인삼이 갖는 다양한 생리활성중 소염활성을 재평가하기 위하여 염증 시에만 특이하게 활성화되는 COX-II에 대한 인삼사포닌 분획의 저해활성을 검토하였다. 즉 흰쥐의 폐에서 분리한 마이크로파지를 lipopolysaccharide로 자극하여 COX-II의 생성을 유도한 다음에 내인성 arachidonate로부터 thromboxane 생성에 미치는 인삼 사

포닌 성분의 저해활성을 지표로 하여 인삼 총사포닌을 activity guided isolation을 시행하였다. 그 결과 ginsenoside Rc 및 Re에서 가장 강력한 활성이 측정되었고 순수 분리된 인삼사포닌의 활성은 총사포닌 분획이 나타내는 활성(0.1 mg/ml에서 약 50% 저해)에 비하여 약하였다. 따라서 사포닌 성분의 분리 도중에 일부 활성물질의 변질되었거나 또는 사포닌 성분 중에 더욱 강력한 활성성분이 함유되어 있을 가능성을 론하고 있다. 인삼 사포닌의 소염활성에 대해서는 한병훈 등¹⁷⁾이 이미 1972년에 보고한바 있었는데 당시 panax saponin-A 및 panax saponin-C가 활성 성분이며 장기간 지속되는 활성이 있다고 보고하여 주목된바 있었는데 이들 물질은 후일에 ginsenoside Rg1 및 -Re와 같은 물질인 곳으로 밝혀진바 있었는데 COX-II에 대한 ginsenoside들의 저해활성은 상호관련이 되는 것 같아서 흥미롭다. 이런 일련의 연구성과들을 볼 때 인삼은 소염활성을 비롯하여 인슈린 비의존형 당뇨에 대하여 동물시험에서 뿐만이 아니라 인체 임상시험에서도 뚜렷한 개선효과를 발휘하는 것으로 나타나고 있으며 이 효과는 인삼의 항산화활성을 통하여 발휘되는 것으로 생각된다.

한편 김성호¹⁸⁾는 방사선 조사 마우스에 대한 홍삼의 방어 효과를 조사하기 위하여 ⁶⁰Co-선을 고선량(12Gy) 또는 저선량(2Gy 이하) 1회 조사하고 방사선 조사 직전 또는 직후에 홍삼 추출물(홍삼정분; 한국담배인삼공사 제품)을 경구 또는 복강 투여하고 일정기간 후에 동물을 희생시켜 소장음 생존 시험, 조혈세포 생존 시험, apoptosis 측정을 통하여 홍삼 정분의 방사선 방어효과를 평가하였다. 그 결과 모든 실험군에서 대조군에 비하여 소장음 생존율이 증가하였고, apoptosis에 의한 세포사를 감소시키고 조혈계 보호기능 및 회복기능을 나타내어 방사선장애에 대하여 유의성 있는 방어효과가 확인되었다고 한다. 인삼의 방사선 방어효과는 인삼의 항산화활성을 뒷받침하는 매우 유력한 반증으로 해석된다.

RAPD 기술을 응용한 고려인삼과 외국인삼의 구별법

고려인삼과 외국인삼을 구별하는 분석법은 고려인삼의 성가를 보호하는 차원에서 인삼 사업 현장에 절대적으로 필요한 분석법이다. 따라서 오래 전부터 이 분석법을 수립하는 연구가 강력히 요망되어 왔었다. 그러나 한국인삼과 중국인삼 및 일본 인삼의 경우에 식물종이 동일하여 화학적인 성분분석으로는 상호간의 감별에 사용될 수 있을 정도의 차이점을 찾아내기 어려웠다. 임응표 등¹⁹⁾은 이들 각국인삼이 동일 식물종이라 하더라도 기후와 토질이 다른 지역에서 긴 세월 동안 계대되는 동안에 이들 인삼의 세포내에 들어 있는 DNA

의 구조상에는 상당한 차이점이 발생될 수 있는 가능성이 기대됨으로 이를 이용한 고려인삼과 외국인삼을 구별하는 RAPD(randomly amplified polymorphic DNA)분석법을 수립하고자 하였다 이를 위하여 RAPD 실험을 위한 최적 PCR-실험조건을 검토하였고 국내 11지역에서 수집한 재배인삼에 대하여 이 방법을 이용하여 분석하여 국내 재배 인삼의 유전적 특성을 구명하고자 하였다. 그 결과 국내 재배인삼간의 원연관계는 0.00--0.70로 밝혀져 국내 재배 자경종간에도 상당한 변이가 있음을 확인하였다. 한편 조재성 등²⁰⁾은 RAPD 기법을 이용하여 인삼종간의 분류학적 연관성을 구명하고 고려인삼 계통 및 수집종의 유전적 다양성을 추적하고 지방종 판별을 위한 RAPD 표지를 개발한 결과 RAPD band의 수와 발현강도는 primer의 종류에 따라 다양했는데 RAPD결과 9종의 primer 만이 선명하고 반복성 있는 band를 발현하였다. 인삼종간의 지리학적 다양성을 추적하기 위하여 5개의 인삼을 PCR 분석한바 5개 인삼종간의 유사계수는 0.2449--0.4371 이고 죽절인삼과 미국삼이 가장 가까움고 고려인삼은 이들과 먼 관계이었다. 고려인삼의 계통간 유전적 연관성을 PCR분석한 결과 9개 인삼의 유사계수는 0.2886--0.8579 로서 A, B 2개군으로 분류되었고 청자경, KG101, 및 황숙종은 A군, 자경종들은 모두 B군이었다. 중국, 일본 및 국내에서 수집된 지방종을 PCR한바 대부분의 국내수집 인삼은 A군, 중국 및 일본에서 수집된 인삼은 B군이었다. 이상으로 RAPD 기법으로 각국인삼의 식별이 가능하게 되었다고 보고하고 있다.

이상의 두 보고를 볼 때 각국인삼의 유전적 특성을 RAPD 법으로 분석할 수는 있겠으나 그 분석결과에 의하여 시중에 유통되는 인삼의 생산지를 정확히 감별하기 위해서는 국내에서 생산되는 각 지역에서의 생산품들이 갖는 유전적 특성에서 많은 유사성이 관찰되고 외국인삼의 유전적 특성과는 많은 차별성을 보일 수 있는 적합한 primer 선정을 위한 더 많은 연구가 필요할 것으로 생각된다.

기타 연구

권중호 등²¹⁾은 인삼의 가용성 성분과 잔류농약을 극초단파 에너지를 이용한 신속한 추출방법을 수립하기 위하여 사용되는 용매와 추출조건 및 추출물의 성분조성을 검토하여 최적 추출조건을 수립하고자 하였다. 한편 허 훈²²⁾은 인삼의 현탁 세포배양계에 yeast extract를 elicitor로 가하고 배양하여 phytoalexin 생합성을 유도한 결과 phytoalexin으로 추정되는 물질을 ethylacetate 추출분획에서 확인하고 크로마토그래피법으로 순수분리하여 그 화학구조를 밝힌 결과 2,5-dimethoxy-1,4-benzoquinone 으로 동정하였다 이 연구 결과

에서 감염된 인삼은 정상 인삼 성분 이외에 병적 성분이 함유되어 있을 수 있음을 뜻하고 있어서 감염된 인삼은 의약 또는 식품으로 사용해서는 않되겠다는 것을 뜻하고 있어서 주목된다.

인용문헌

1. 임광식 : 홍삼 사포닌으로부터 생리활성 monoglucoside류의 제조에 관한 연구, 고려인삼의 효능 및 성분 관련 기초 연구 1996년도 최종 보고서, 고려인삼학회, p. 139.
2. 임광식 : 홍삼의 항암성분 Ginsenoside Rh₂ 및 관련 배당체의 합성, 고려인삼의 연구 1997년도 최종보고서, p. 457, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **19**, 291 (1995).
3. 오훈일 : 인삼 root culture를 이용한 saponin 생산에 관한 연구, 효능 및 성분 관련 기초연구 1996년도 최종보고서 p. 347, 고려인삼학회.
4. 한용남 : 홍삼 다당체의 화학구조에 관한 연구, 고려인삼의 효능연구 1996년도 최종보고서, p. 65, 고려인삼학회.
5. 이정규 : 홍삼 산성다당체의 분리 및 약리작용 연구, 고려인삼의 효능 및 성분 관련 기초연구 1996년도 최종 보고서, p. 165, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **22**, 260 (1998).
6. 이정규 : 홍삼 산성다당체의 분리 및 약리작용 연구(2), 고려인삼의 연구 1997년도 최종보고서 p. 175, 고려인삼학회; 고려인삼학회지, **23**, 8 (1999).
7. 이정규 : 홍삼 산성다당체의 분리 및 약리작용 연구(3), 고려인삼의 연구 1998년도 최종보고서, p. 167, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **22**, 267 (1998).
8. 이성동 : 고려인삼중 다당체 성분이 암독소호르몬-L의 지방분해 작용과 안지오텐신 변환효소의 활성에 미치는 영향, 고려인삼의 효능 및 성분 관련 기초연구 1996년도 최종보고서, p. 449, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **20**, 248 (1996).
9. 이성동 : 홍삼에서 항혈전물질의 분리 및 특성규명, 고려인삼의 연구 2000년도최종보고서, p. 281, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **23**, 217 (1999).
10. 한병훈, 박명환, 우린근, 우원식, 한용남 : *Korean Biochemical Journal* **12**, 33 (1979); 한병훈, 박명환 : *Korean J. of Pharmacognosy* **10**, 55 (1979).
11. 한병훈, 박명환, 한용남, 신상철 : 대한약학회지 **28**, 232 (1984).
12. 최동섭, 김영기, 박세현, 김상진, 최경목, 최종성 : 인슈린 비의존성 당뇨병환자에서 홍삼이 적혈구의 지질과산화 및 항산화 효소 슈퍼옥시디스무타제에 미치는 영향, 고려인삼의 효능 연구 1995년도 최종보고서, p. 1, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **21**, 153 (1997).
13. 서준규 : 제2형 당뇨를 유발한 쥐에서 기간별 free radical에 의한 발기력의 변화와 홍삼의 예방적 효과; 고려인삼의 연구 1999년도 최종보고서, p. 337, 고려인삼학회.
14. 최종환 : 홍삼복용이 노인들의 유산소 운동시 발생된 활성산소의 영향에 미치는 효과, 고려인삼의 연구 1999년도 최종보고서, p. 239, 고려인삼학회.
15. 정해영 : 홍삼성분의 항산화효소 및 단백질 유도를 통한 항산화 작용 기전의 생화학; 분자생물학적 연구, 고려인삼의 효능연구 1996년도 최종보고서, p. 65, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **20**, 173 (1996).
16. 류재하, 인삼의 소염활성 성분에 관한 연구, 고려인삼의 효능 연구 1995년도 최종보고서, p. 79, 고려인삼학회.
17. 한병훈, 한용남, 우린근 : *J. of Pharm. Soc. Korea* **16**, 129 (1972).
18. 김성호 : 고선량 및 저선량 방사선 피폭에 대한 홍삼의 방사선 방어효과, 고려인삼의 연구 1998년도 최종보고서, p. 259, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **20**, 149 (1996).
19. 임응표 : RAPD기술을 응용한 고려인삼과 외국인삼의 구별법 구명, 고려인삼의 효능연구 1995년도 최종보고서, p. 413, 고려인삼학회.
20. 조재성 : Random amplified polymorphic DNA(RAPD) 기술을 응용한 고려인삼과 외국인삼의 구별법, 고려인삼의 효능연구 1996년도 최종 보고서, p. 367, 고려인삼학회.
21. 권중호 : 극초단파 공정에 의한 인삼의 가용성성분 및 잔류농약의 선택적 추출, 고려인삼의 연구 1997년도 최종보고서, p. 277, 고려인삼학회; 고려인삼학회지 **23**, 164 (1999).
22. 허 훈 : 고려인삼의 병태방지 화합물 생합성 유도기전 연구, 고려인삼의 연구 1999년도 최종보고서, p. 399, 고려인삼학회.