

특집 : 인삼산업의 현황

인삼 생물공학기술의 최근 동향과 이를 이용한 식품 소재 응용

최용의[†] · 정재훈

중앙대학교 인삼산업연구센터

Recent Progress of Ginseng Biotechnology and Progress Toward Food Application

Yong Eui Choi[†] and Jae Hun Jeong

Korea Ginseng Institute, Chung-Ang University, Gyeonggi 456-756, Korea

서론

인삼(*Panax ginseng* C.A. Meyer)은 오랜기간 동안 한국을 대표하는 최고의 식품 및 의약품으로 사용되고 있으며 최근 건강 식품에 대한 관심이 높아짐에 따라 국내·외 인삼의 소비가 늘고 있어 미래에 각광받는 건강유지 및 증진 식품으로서 무한한 가치를 지닌다고 본다.

그런데 인삼 생산에는 다음과 같이 까다로운 점들이 있어서 이에 대한 대안 또는 대책이 필요하다. 인삼 재배에 있어서 다음과 같은 몇 가지 어려움이 있다. 1) 차광재배를 위해 차광구조물설치가 필수적이며, 2) 오랜기간(4~6년) 동안 재배를 해야만 수확할 수 있다. 3) 연작장애로 인하여 재배 후 약 10년 동안은 인삼을 경작할 수 없다. 4) 각종 염류장해 및 병충해에 민감하다. 이러한 원인으로 해가 갈수록 우리나라 남한 내 인삼 재배적지가 감소되고 있어 이에 대한 대책이 시급한 시점에 와있다.

한편 고려인삼과 같은 종을 생산하는 중국은 전 세계 약 70% 이상의 인삼 시장 물류 점유를 하고 있으며, 미국, 캐나다는 인삼과는 종이 다른 미국삼(화기삼) *Panax quinquefolium*이 나머지 시장의 30%를 점유하여 우리나라 인삼은 3%의 시장 점유율을 넘지 못하고 있어 아예 사라질 위기에 있다. 이러한 원인은 여러 가지 복잡한 요인에 근거하지만 가장 중요한 것은 우리나라 인삼이 외국삼에 비해 생산원가가 매우 높다는 점도 큰 원인이 된다. 즉 값싼 노동력과 토지 임대료가 거의 들지 않는 중국삼에 비해 가격이 약 5~15배 높으며, 토지 사용료가 저렴하면서도 기계화 삼 농업을 하는 미국 캐나다에 비해서도 가격 경쟁력이 낮다. 따라서 이러한 우리나라의 근본적인 문제를 안고서 국내외 인삼 시장의 확대 및 개척은 많은 숙제를 안고 있다고 본다.

이러한 문제를 풀 수 있는 방법은 여러 가지가 있지만 미래산업에 있어서 핵심 산업이라고 예견되는 인삼 바이오 테크 기술의 개발 및 산업에의 적용은 여러 가지 문제를 안고 있는 인삼 재배, 품종개량, 식품 및 의약품개발에 있어서 새로운 돌파구를 열 수 있다고 본다.

인삼에 있어서 바이오 테크 기술이라고 하면 많은 다양한 분야가 있지만 세포 및 조직배양을 기반으로 하는 생물공학 및 유전자를 다루는 유전공학적인 기술을 들 수 있으며 이들 기술은 인삼 생명공학 기술의 한 축이라고 볼 수 있기 때문에 이 기술들의 소개와 산업적 이용가치를 들어 보기로 한다.

인삼 조직 및 세포 배양

기내 식물체 증식

인삼의 조직 및 절편을 배양용기 내에서 무균적으로 배양하여 세포를 증식하거나 이들 세포로부터 뿌리 또는 식물체를 유도 증식하여 여러 용도의 산업적 이용을 목적으로 하는 기술이다. 이 중 희귀하고 고가인 산삼도 조직 배양하여 배양용기 내에서 무한으로 복제가 가능하기 때문에 유전자원으로서 효율적 보존 및 육종의 소재로 이용될 수 있어서 산업적으로 중요한 응용기술이 된다. Butenko 등(1)이 최초로 인삼 조직배양을 시작한 이래 인삼의 조직을 배양하여 식물체를 생산하는 기술은 대만의 Chang과 Hsing(2)이 자세한 체세포배 발생을 통한 식물체 생산을 보고하였으며 그 이후 국내외 여러 연구자들이 이 분야의 연구를 수행하였다(3,4). Choi 등(5)은 부정아 발생(adventitious shoot)을 이용한 식물체 생산을 최초로 보고하였고 또한 배지 내에 홀몬을 전혀 첨가하지 않고서도 고빈도로 인삼 기내 식물체를 생산하는 시스템을 개발하였다(6). 최

[†]Corresponding author. E-mail: yechoi@cau.ac.kr
Phone: 031-670-4682. Fax: 031-676-5212

근에는 (주) 파낙시아의 Lee 등(7)은 산삼을 배양하여 대량 복제하는 기술을 특허 출원한 바 있다. 이러한 기술은 인삼을 무한적으로 실험실내에서 복제하는 기술 외에도 인삼에 유용 유전자를 도입시키는 기술의 중요한 핵심기술로 이용되고 있다.

세포 증식

한편 세포 및 조직을 배양하여 식물체를 번식시키는 방법 외에도 식물세포, 조직 또는 기관을 대용량의 탱크에서 배양하여 이로부터 얻어진 원료를 직접 식품 또는 의약품 소재로 이용할 수 있다. 인삼 특히 산삼의 경우는 다른 식물보다 단가가 비싸기 때문에 경제성이 높다. 구체적으로 설명하면 인삼 조직 또는 기관을 플라스크에서 일차적으로 배양하는 시스템을 개발한 다음 대용량의 탱크배양을 실시하여 밭에서 직접 농사를 짓지 않더라도 식물공장 내에서 인삼 원료를 생산하거나 약용 및 식품원료로 생산하는 것을 목적으로 하는 기술이다. 인삼 세포배양에 관한 연구는 일본의 Furuya 등이 연구를 활발히 수행한 바 있으며(8-10), 그후 중국의 Zhong 등(11)의 연구 그룹이 인삼은 물론 전철삼(12) 및 미국삼(13)의 세포배양 및 바이오리액터 응용기술을 활발히 연구하고 있다. 최근 Choi 등(14)은 배양액내에 생장호르몬을 전혀 첨가하지 않고서도 인삼 배양세포를 생산할 수 있는 연구를 보고 하였다. 세포배양을 통한 인삼배양세포는 연구자들의 결과마다 인삼 사포닌의 함량에 차이가 많으나 대체적으로 사포닌의 함량은 자연산 뿌리보다 낮으나 배양환경 특히 elicitor를 처리하여 주면 자연산 못지 않은 사포닌이 인삼 세포에서도 생산됨이 보고되어 있다(15).

1980년대를 후반에는 일본 Nitto Denko(日東電工) 회사가 대량의 탱크 규모로 생산하는 시설을 갖추어 인삼 배양세포를 생산하는 시스템을 개발하였고 배양산물의 여러 가지 독성 등의 검사를 수행하여 안전성을 입증하였다. 이 회사는 실제로 1990년 초반부터 현재까지 인삼 배양세포를 원료로 하는 각종 인삼 제품을 시장에 판매하고 있기 때문에 인삼의 생물공학 기술을 이용하여 산업화시킨 중요한 업적 중의 하나다.

배양근의 생산

최근에는 인삼 배양세포가 아닌 가는 뿌리(부정근, adventitious roots)를 배양용기내에서 증식시킬 수 있는 기술이 개발되었다(16-18). 즉 기내에서 인삼 조직을 배양하여 인삼조직으로부터 캘러스를 유도한 다음 부정근이 유도될 수 있는 배양 조건을 맞추어 주면 부정근이 유도되는 것은 물론 배양 용기 내에서 무한으로 증식될 수 있는 기술이 국내의 기술진들로부터 독자적으로 개발되었다. 최근에는 실험실적인 소규모의 연구가 아니라 산업적인 설

비의 규모인 약 10~20톤 규모의 대용량의 배양 탱크에서 인삼 부정근을 생산하는 기술이 개발되어 관심을 끌고 있다(17). 특히 희귀하고 고가인 산삼을 배양하여 부정근을 유도한 다음 이를 대용량의 탱크에서 생산하는 기술은 이미 산업적으로 생산단계에 도입되었고 약 4군데 이상의 기업에서 원료가 생산되어 여러 제품이 시장에 출시되기 시작하고 있다. 이에 조금 앞서서 2003년 봄에는 한국 식품안전청에서는 국내 최초로 인삼 배양세포(현재는 삼중류 만에 해당)를 식품의 원료로 사용되도록 허가하였다. 이러한 결과로 현재 국내에 최소 4개의 기업들이 각각 산삼 배양근을 20리터의 배양용기 또는 약 20톤 규모의 대용량의 탱크에서 생산하여 제품을 출시하기 시작하고 있다. 인삼 뿌리의 경우는 6년 재배하여 생중량 약 100그램 정도로 자라는데 산삼의 경우는 아무리 큰 산삼이라도 수십년을 지나도 100그램이 되지 않는다. 그런데 배양을 하여 생산하는 경우는 약 4~6주 기간동안 배양하면 처음 생중량의 약 5~10배 이상으로 생중량이 증가하고 계속 계대 배양하면 기하급수적으로 증가되기 때문에 이론적으로는 물론 실제로 산업적으로도 연중 무한적으로 뿌리를 복제할 수 있어서 매우 흥미로운 분야이다. 이 배양으로부터 생산된 부정근의 경우도 일반 재배인삼보다는 다소 낮거나 거의 비슷한 수준의 사포닌을 함유한다고 보고되어 있다. 또한 기내배양의 장점은 여러 elicitor를 사용할 수 있는 장점이 있는데 예를 들어 인삼 모상근에 자스몬산(jasmonic acid)을 처리하여 준 경우는 사포닌 함량이 5~10배 정도 획기적으로 증가되어 자연산 못지 않은 사포닌을 생산하는 인삼 뿌리를 생산할 수 있다(19).

유전자 도입을 통한 인삼 형질전환

유전자 도입을 통한 형질전환 식물 개발

Yoshikawa와 Furuya(20)는 자연에 존재하는 박테리아인 *Agrobacterium rhizogenes*를 이용하여 인삼 모상근(hairy root)을 유도한 것이 최초의 인삼 형질전환의 예이다. *Agrobacterium rhizogenes*로부터 식물세포에 유입되는 유전자는 주로 호르몬의 생합성에 관여되는 유전자로 이들 유전자가 도입되면 유전자가 도입된 식물세포로부터 모상근이 분화된다. Yang과 Choi(21)는 모상근으로부터 형질전환 식물체를 개발하였는데 이 형질전환체의 뿌리 생장이 왕성해짐을 보고한 바 있다. 그러나 이러한 기술은 신품종을 개발할 수 있는 형질전환 식물체를 생산하는 점에 있어서는 적절하지 않아서 불필요한 많은 유전자를 제거시킨 *Agrobacterium rhizogenes*를 이용하며 최근에는 주로 *Agrobacterium tumefaciens*를 이용한다.

인삼 형질전환 기술은 배양용기에서 인삼 식물체의 복제기술이 중요한 기본 기술이라고 볼 수 있으며 그 다음은

형질전환 시스템의 개발이다. 인삼의 경우는 1990년 후반 부터 인삼 식물체 재생에 관한 연구가 활발히 진행되었고 Lee 등(22)이 표지유전자인 GUS 유전자를 인삼에 도입하여 형질전환체를 처음 개발한 바 있다. 최근 인삼 식물체 형질전환 기본 기술을 개발하여 고빈도 인삼 유전자도입 기술이 개발되었으며(23), 또한 제초제 저항 유전자가 도입된 인삼 형질전환체를 개발한 바 있다(24). 아직은 여러 가지 유용 유전자가 도입되어 획기적인 신품종이 개발되지는 않았지만 얼마 되지 않아서 획기적인 신품종이 개발되리라 기대된다.

인삼 유전자 도입의 목적과 파급효과

인삼의 유전자중 인삼 성분을 대표하는 triterpenoid의 일종인 ginsenoside의 합성에 관여하는 유전자가 발굴되면 이들 유전자를 과잉발현시키거나, 특정 사포닌의 합성을 획기적으로 개선시킨 인삼을 기대할 수 있다. 인삼 사포닌 합성에 관련된 유전자 외에도 생장이 획기적으로 개선된 인삼, 차광 재배가 필요 없는 인삼 신품종, 농약을 최소화시킬 수 있는 병충해 내성 인삼 신품종이 기대된다. 생물간 유전자는 다른 생물에 도입하여도 기능이 변하지 않는 특징을 지니기 때문에 이미 많은 타 식물에서 진행된 사포닌합성 관련 유전자 및 상기한 분야의 많은 유전자인 환경스트레스내성 및 내병성 연구가 진행되고 있어서 이들 유전자를 인삼에 도입하여 신품종을 기대할 수 있다. 인삼을 재료로 하여 인삼 유용 유전자 발굴 및 도입 기술에 대한 연구는 아직 본격적으로 이루어지지 못하고 있는데 이 원인은 그동안 인삼으로부터 유전자발굴에 관한 연구에 관심이 적었고 인삼 식물형질전환 기술 및 토양 순화 기술의 미숙에 기인되었다고 볼 수 있다.

인삼 유전자 발굴

식물의 유전자연구에 모델식물이 되는 애기장대(*Arabidopsis*)의 경우는 많은 유전자가 발굴되고 이미 많은 기능이 밝혀지고 있다. 그밖에 벼 등 중요한 작물에 있어서 연구가 진행되고 있는데 비해서 인삼을 주제로 한 연구는 최근에 들어서야 활발하게 이루어지고 있다. 유전자 대량 발굴 기술은 주로 EST(Expressed Sequence Tags) 분석을 통한 유전자 대량발굴이 이루어지고 있다. 우리나라에서는 인삼을 대상으로 프론티어사업인 자생식물이용기술 개발사업단에서 연구가 진행되고 있어 조만간 많은 유전자가 발굴될 예정이다.

인삼의 유전자중 인삼 성분을 대표하는 triterpenoid의 일종인 ginsenoside의 합성에 관여하는 유전자들이 매우 흥미로운 결과를 가져다 줄 것으로 기대되며 이들 유전자를 과잉 발현시키거나, 특정 ginsenoside의 합성에 관여한 유전자를 과잉 발현시켜 전체 ginsenoside 함량이 증대된

인삼 또는 특정 ginsenoside가 강화된 새로운 신품종을 개발할 수 있을 것으로 기대한다. 이러한 분야의 선두주자는 일본 동경약대 교수인 Ebizuka 연구실에서 가장 앞서서 연구하고 있으며 oleanane계 사포닌인 ginsenoside Ro 합성에 결정적인 역할을 하는 β -amylin 유전자를 보고한 바 있다(25). 인삼 ginsenoside의 경우는 4환성 골격을 지닌 dammarane계 사포닌으로 극히 소수의 식물에서만 발견되는 독특한 사포닌이다(26). 이러한 원인에서 기인되었는지는 몰라도 아직 dammarane계 사포닌 합성을 결정짓는 유전자는 발굴되지 않았는데 이러한 원인은 잘 알려져 있지 않다.

인삼 종간 유전적 차별성 및 마커개발 가능성

인삼 종간 형질특성 및 성분비교

세계 인삼속의 식물은 약 12종 이상이 보고되어 있으며 자국마다 자국 삼의 우수성에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이중 대표적인 고려인삼(*Panax ginseng*)은 한국, 러시아, 중국 및 일본 등지에 분포하며 국내외에서 많이 재배되고 있다. 미국삼은(*Panax quinquefolium*)은 미국과 캐나다 등지에 분포되어 있으며, 죽절삼(*Panax japonicum*)은 중국과 일본 등에서 자생하고 있는 것으로 보고되고 있다. 이중 우리나라에서 생산되는 고려인삼의 품질이 고려시대부터 최고의 품질로서 인정받아 왔으며, 이들 종과 형태적 특성뿐만 아니라 약리효능도 상이한 것으로 알려지고 있다. 그러나 최근 수입인삼이 많이 도입되면서 원산지를 표기하지 않고 고려인삼인 것처럼 판매하는 사례가 늘고 있는 실정이다. 따라서 인삼의 형질특성이나 성분을 비교함으로써 수입인삼과 고려인삼을 구별하려는 노력들이 이루어지고 있다.

Chung 등(27)은 고려인삼과 미국삼의 형질특성을 구명하고자 국내에서 동일한 환경하에서 재배한 6년생 수삼을 이용하여 종간 형질특성, 평당수량 및 적변율 그리고 일반 무기성분과 조사포닌 및 ginsenoside 패턴 등을 비교분석한 결과, 대표적인 차이점들로 적변율과 뿌리의 체형, 수삼대비 건물율, 동체와 지근무개의 비, 일반성분 및 무기 성분 등이 차이가 있었으며, 특히 총사포닌 함량은 미국삼이 고려인삼에 비해 현저히 높았으나 주요 ginsenoside의 함량을 비교할 때 미국삼은 PD계 사포닌 중 Rb₁과 Rd가 높고 고려인삼은 PT계 사포닌 중 Re, Rg₁ 및 Rg₂가 높았으며, Rf는 미국삼에서 검출되지 않은 특성을 확인하였다. 또한, 고려인삼, 미국삼 및 죽절삼의 생육 및 형태적 특성을 비교한 결과를 발표하기도 하였다(28).

한편, 고려인삼과 미국삼의 수용성 펩타이드와 단백질(29) 및 페놀성 성분(30)의 비교를 통한 종간의 화학적 성분 차이가 보고되었는데, 특히 인삼에서 알려진 페놀성

성분을 대상으로 TLC를 통하여 한국산 인삼(고려인삼), 서양삼의 페놀성 성분을 비교한 결과, 한국산 인삼에는 서양삼에 비해 페놀성 물질의 분포에 있어 현저한 차이를 보였으며, 특히 한국산 인삼으로부터 분리된 분자량 578로 추정되는 polyphenol은 서양삼에서는 검출되지 않아 종이 다른 한국삼과 서양삼간의 화학적 성분 차이를 나타내는 지표성분으로 활용될 수 있음을 보고하였다(30).

한편, 이러한 성분분석방법은 시료를 파괴하여 분석하게 되는데, 인삼 혹은 산삼과 같이 고가의 시료이거나 희소성이 있는 시료인 경우에는 상품가치를 떨어뜨리거나 시료가 충분치 않은 단점이 있다. 따라서 최근에는 시료를 파괴하지 않고 향기성분을 분석할 수 있는 발달된 기술들이 보고되고 있다.

향기성분의 분석에는 일반적으로 GC를 이용하여 분석하는데, 이 분석방법은 전처리 과정이 복잡하고 분석이 쉽지 않으며 많은 종류의 시료에 적합하지 않다. 이러한 문제를 해결할 수 있는 비파괴적인 판별방법으로는 최근 연구되고 있는 전자코(일명 인공코)를 이용한 방법을 들 수 있는데, 인공코의 장점은 얻어진 자료의 객관적인 자료화가 가능하고, 재현성이 보장되며 주위 환경에 영향을 받지 않는다는 점이다. 최근에 국내 인삼 27종과 수입 인삼 12종의 향기성분을 전자코의 12개 센서를 이용하여 분석하고 여기에서 얻어진 자료를 database화한 후 이를 그룹화한 결과 국내산과 수입산이 뚜렷하게 구분되는 결과를 보였다(31). 이러한 결과는 홍삼의 원산지 판별을 위한 방법으로도 연구된 바 있는데, 금속산화물 센서가 부착된 전자코가 한국홍삼과 중국홍삼을 비교적 신속하게 판별할 수 있었다(32)

인삼 종간의 유전적 차별성

상기 기술한 형질특성 및 성분함량 등에 의한 인삼종간 구별은 사실, 생산지별로 기후적, 환경적 특성이나 토양화학적 차이로 인해 동일 품종이라 할지라도 각기 형질의 차이를 보이거나 성분의 조성 및 함량에 차이를 보이게 되므로 보다 정확하고 안정적으로 차이를 판단할 수 있는 기술이 필요하다. 이러한 방법으로는 유전적인 차이를 확인할 수 있는 분자생물학적 기술을 들 수 있는데, 현재 인삼 속의 식물간 구별은 분자적 구별방법을 이용하여 쉽게 구별할 수 있고 분자적 마커의 개발도 기대되고 있으며 *Panax ginseng*와 *P. quinquefolium* 간의 구별 마커를 개발한 바 있다(33-35). 특히, Ngan 등(35)은 6종의 인삼(*P. ginseng* C.A. Mey. (Oriental ginseng), *P. quinquefolium* L.(American ginseng), *P. notoginseng*(Burkill) F. H. Chen(Sanchi), *P. japonicus* C.A. Meyer(Japanese ginseng), *P. trifolius* L., *P. major* Ting을 이용하여 ribo-

somal RNA의 ITS영역의 염기서열을 비교하여 차이점을 보고하였으며, 이 ITS 영역을 특정 제한 효소로 절단하여 RFLP 패턴을 비교하여 미국삼과 고려인삼의 분자적 차이를 밝혔으며, 이러한 분자마커는 기존에 보고된 형질 및 성분 함량의 차이에 의한 구별에 비해 보다 객관적인 결과로 받아들여지고 있다.

한편, 이러한 유전적 차이가 극동아시아에 걸쳐 분포하고 있는 인삼(*Panax ginseng*) 중 한국의 고려인삼의 우수성을 증명하는 유전적 특성으로 표현될 수 있는지는 확실하지 않다. 즉 고려인삼의 우수성이 유전적 특징에서 기인되는지 아니면 단순한 재배환경에 의한 것인지가 과학적으로 입증되지 않고 있으며, 또한 각국에 분포되어 있는 *Panax ginseng*의 유전적 다양성이 존재하는지 또한 고려인삼 고유의 유전자 pool의 존재여부가 불분명하다. 이러한 과학적 연구가 미진한 실정에서 최근 우리나라에서도 청정 인삼이라 하여 산삼의 종자를 채취하여 재배하는 장뇌삼 등의 재배가 폭발적으로 증가되고 있어서 이들 야생삼과 재배삼과의 유전적 차이점이 있는지에 대한 요구가 증가함에 따라 야생삼과 재배삼의 유전자형을 과학적으로 분석하여 입증할 필요가 있다.

한편, 미국과 캐나다에 분포하는 미국삼(*P. quinquefolium*)의 경우 재배삼과 야생삼, 야생삼의 지역산지에 따라 유전적 집단을 randomly amplified polymorphic DNA (RAPD)방법을 이용하여 구분하여 보고한 바 있으며(34, 36), 이러한 결과는 국내에서도 재배삼과 장뇌삼 및 산삼간의 지역간 또는 유전적 집단간의 차이를 밝힐 수 있으리라 사료된다. 다만, 국내의 지리적 여건상 비좁은 국토와 오랜기간 동안 산삼의 채취에 의한 유전자원의 고갈 등은 이러한 연구진행에 어려움을 주고 있다. 그러나, 인삼은 주로 self pollination으로 종자를 맺기 때문에 유전적 다양성은 남한에 있어서도 지역간 유전적 다양성이 분명히 존재하리라고 본다. 한 예로 본 저자들에 의해 수행한 예비 실험에서 강화 인삼은 기타지역에서 생산되는 인삼들과 차이를 보이는 유전적 풀이 존재하고 있는 것을 확인하였다(미발표).

특히 수백년 동안 야생에만 유지된 산삼의 경우는 4년 동안 종자를 반복하여 채취하여온 재배삼과의 유전적 다양성이 충분히 있음에도 불구하고 국내의 야생 인삼 유전자원이 존재하는지 아니면 야생삼이 재배삼과 유전적으로 동일한 것인지 등에 대한 연구가 미흡하여 산삼과 재배삼간의 유전적 및 약효차이에 관한 과학적 입증의 필요성이 끊임없이 요구되고 있다.

한편, 고려인삼의 분자적 분별에 대한 국내 연구현황은 국내 지역간 고려인삼의 유전적 다양성에 대해 충남대 임

용표 교수에 의해 보고된 바 있으며, (주) 네오바이오에서 AFLP 기술을 이용하여 산삼, 장뇌삼 및 재배인삼의 유전적 특성을 비교하여 천종산삼의 진단법이 일부 소개된 바 있으며, 경희대의 양덕춘 교수 연구팀에서는 ITS 영역의 유전염기서열을 분석한 후 재배삼과 산삼의 특정 염기서열의 차이를 발견하여 이를 이용한 SNP 분석을 실시하여 산삼과 인삼을 구별할 수 있는 유전적 마커를 개발하여 발표한 바 있다. 그러나 집단간 충분한 수적 분석을 통한 유전적 분석 및 특성이 고려되어야 하기 때문에 각 지역간 인삼 농협 및 장뇌삼 재배 농가가 이러한 데이터를 이용 지리적 표시제 및 품질 인증제의 기본 자료로서 이용되기는 매우 불충분하기 때문에 이에 관한 연구가 필요하다.

결 론

바이오텍 기술의 급속한 발전

최근 상업화되어 가고 있는 인삼 바이오텍 기술은 일본 Nitto Denko사의 배양세포를 원료로하는 인삼제품이며, 국내에서는 산삼 부정근의 대량생산이 이루어지고 있어서 여러 가지 제품으로 가공 출시되기 시작하고 있다. 약 10여톤의 대용량 탱크에서 부정근생산이 거의 자동화되어 이루어지고 있기 때문에 이 기술은 앞으로 다른 중요하고 희귀한 경제적 식물세포 원료를 생산하는데 적용될 수 있다고 본다. 특히 유전자가 도입된 식물배양세포는 유전자 산물만을 추출 이용하는 경우는 까다로운 GMO(Genetically Modified Living Organism)의 허가 규정에서 비교적 자유롭기 때문에 실용화 가능성이 매우 높다.

유전자 도입을 통한 신제품 출현 가능성

국내에서도 유전자 대량발굴을 가능하게 한 EST 분석 기술을 이용하여 인삼에서도 약 20,000 유전자 클론이 확보되어 있어서 이들 유전자의 기능을 이해하고 이용하여 고품질 인삼 신제품을 기대할 수 있으리라고 생각된다. 특히 사포닌 합성에 관한 유전자 연구가 활발히 진행될 것으로 보며 머지 않아서 인삼 생리활성 성분이 획기적으로 증대 또는 개선된 인삼 형질전환체가 개발될 수 있으리라고 생각된다. 그러나 이들 형질전환체를 토양에 순화시키고 종자를 얻어서 후대검정을 완료할 때까지는 다른 작물보다는 매우 까다로워 다소 시간이 걸릴 것으로 전망된다.

유전자 분석 기술을 이용한 고려인삼의 마커개발 가능성

인삼 종간의 유전적 차이는 분명하며, 미국과 캐나다 삼의 경우는 동종이라도 지역 간 유전적 차이가 분명하다

고 보고되어 있다. 우리나라에서도 최근 남한에서 생산되는 산삼 등을 재료로 하여 유전적 유연 관계를 연구하기 시작하였고 이러한 연구는 장차 WTO 체제 하에서 자유롭게 수입되는 각 국의 삼들과 구분할 수 새로운 분자적 구분법을 제시할 수 있으리라고 기대한다. 그러나 아직은 국내의 지역 간, 산삼 과 재배삼 간의 차이 등 이렇다 할 구분법이 확립되지 않아서 이에 관한 연구가 진행되어져야 한다고 생각된다.

감사의 글

본 연구는 학술진흥재단 중점연구소 사업에 의해 수행되었음.

참 고 문 헌

1. Butenko RG, Brushwitzky IV, Slepian Li. 1968. Organogenesis and somatic embryogenesis in the tissue culture of *Panax ginseng* CA. Meyer. *Bot Zh* 7: 906-913.
2. Chang WC, Hsing YI. 1980. *In vitro* flowering of embryoids derived from mature root callus of ginseng (*Panax ginseng*). *Nature* 284: 341-342.
3. Choi KT, Kim MW, Shin HS. 1982. Induction of callus and organ in tissue culture of ginseng (*Panax ginseng* CA. Meyer). *Korean J Ginseng Sci* 6: 162-167.
4. Shoyama Y, Kamura K, Nishioka I. 1988. Somatic embryogenesis and clonal multiplication of *Panax ginseng*. *Planta Med* 54: 155-156.
5. Choi YE, Yang DC, Yoon ES, Choi KT. 1998. Plant regeneration via adventitious bud formation from cotyledon explants of *Panax ginseng* CA. Meyer. *Plant Cell Rep* 17: 731-736.
6. Choi YE, Yang DC, Yoon ES, Choi KT. 1999. High efficiency plant production via direct somatic single embryogenesis from pre-plasmolysed cotyledons of *Panax ginseng* and possible dormancy of somatic embryos. *Plant Cell Rep* 18: 493-499.
7. Lee KS, Choi YE, Ko SK, Choi S, Kim EY. 2000. 생물공학적 기술에 의한 산삼 묘목의 대량생산방법. 한국 특허출원 54, 152.
8. Furuya T, Yoshikawa T, Orihara Y, Oda H. 1983. Saponin production in cell suspension cultures of *Panax ginseng*. *Planta Med* 48: 83-87.
9. Asaka I, Li I, Yoshikawa T, Hirotani M, Furuya T. 1993. Embryoid formation by high temperature treatment from multiple shoots of *Panax ginseng*. *Planta Med* 59: 345-346.
10. Asaka I, Li I, Hirotani M, Asada Y, Furuya T. 1993. Production of ginsenoside saponins by culturing ginseng (*Panax ginseng*) embryogenic tissues in bioreactors. *Biotech Lett* 15: 1259-1264.
11. Zhong JJ. 1999. Production of ginseng saponin and poly-

- saccharide by cell cultures of *Panax notoginseng* and *Panax ginseng*. Effect of plant growth regulators. *Appl Biochem Biotech* 75: 261-268.
12. Zhang YH, Zhong JJ. 1997. Hyperproduction of ginseng saponin and polysaccharide by high density cultivation of *Panax notoginseng* cells. *Enzyme Microb Tech* 21: 59-63.
 13. Zhong JJ, Bai Y, Wang DJ. 1996. Effect of plant growth regulators on cell growth and ginsenoside saponin production by suspension cultures of *Panax quinquefolium*. *J Biotech* 45: 227-234.
 14. Choi YE, Jeong JH. 2003. Hormone-independent embryogenic callus production from ginseng cotyledons using high concentration of NH_4NO_3 and progress towards bioreactor production. *Plant Cell Tiss Org Cult* 72: 229-235.
 15. Lu M, Wong HL, Teng HL. 2001. Effects of elicitation on the production of saponin in cell culture of *Panax ginseng*. *Plant Cell Rep* 20: 674-677.
 16. Kevers C, Jacques P, Thonart P, Gaspar T. 1999. In vitro root cultures of *Panax ginseng* and *P. quinquefolium*. *Plant Growth Regul* 27: 173-178.
 17. Choi SM, Son SH, Kwon OW, Seon JH, Paek KY. 2000. Pilot-scale culture of adventitious roots of ginseng in a bioreactor system. *Plant Cell Tiss Org cult* 62: 187-193.
 18. Yu KW, Hahn EJ, Paek KY. 2000. Production of adventitious ginseng roots using bioreactors. *Korean J Plant Tiss Cult* 27: 309-315.
 19. Yu KW, Gao WY, Son SH, Paek KY. 2000. Improvement of ginsenoside production by jasmonic acid and some other elicitors in hairy root culture of ginseng (*Panax ginseng* C.A. Meyer). *In Vitro Cell Dev Biol* 36: 424-428.
 20. Yoshikawa T, Furuya T. 1987. Saponin production by cultures of *Panax ginseng* transformed with *Agrobacterium rhizogenes*. *Plant Cell Rep* 6: 449-453.
 21. Yang DC, Choi YE. 2000. Production of transgenic plants via *Agrobacterium rhizogenes*-mediated transformation of *Panax ginseng*. *Plant Cell Rep* 19: 491-496.
 22. Lee HS, Kim SW, Lee KW, Eriksson T, Liu JR. 1995. *Agrobacterium*-mediated transformation of ginseng (*Panax ginseng*) and mitotic stability of the inserted beta-glucuronidase gene in regenerants from isolated protoplasts. *Plant Cell Rep* 14: 545-549.
 23. Choi YE, Yang DC, Kusano T, Sano H. 2001. Rapid and efficient *Agrobacterium*-mediated genetic transformation by plasmolyzing pretreatment of cotyledons in *Panax ginseng*. *Plant Cell Rep* 20: 616-621.
 24. Choi YE, Jeong JH, In JK, Yang DC. 2003. Production of herbicide-resistant transgenic *Panax ginseng* through the introduction of phosphinotricin acetyl transferase gene and successful soil transfer. *Plant Cell Rep* 21: 563-568.
 25. Kushiro T, Shibuya M, Ebizuka Y. 1998. β -amyrin synthase: cloning of oxidosqualene cyclase that catalyzes the formation of the most popular triterpene among higher plants. *Eur J Biochem* 256: 238-244.
 26. Shibata S, Fujita M, Itowa H, Tanaka O, Ishii T. 1962. The structure of panaxadiol, a sapogenin of ginseng. *Tetrahedron lett* 10: 419-422.
 27. Chung YY, Chung CM, Ko SR, Choi KT. 1995. Comparison of agronomic characteristics and chemical component of *Panax ginseng* C.A. Meyer and *Panax quinquefolium* L. *Korean J Ginseng Sci* 19:160-164.
 28. Chung YY, Lee MG, Chung CM, Jo JS. 1998. Comparison of plant growth and morphological characteristics among the Korean ginseng, the American ginseng and the Bamboo ginseng. *J Ginseng Res* 22: 147-153.
 29. Park H, Kwon TH, Kim KH. 1996. Comparison of protein patterns of the root pith from *Panax ginseng* and *Panax quinquefolium*. *Korean J Ginseng Sci* 20: 49-53.
 30. Wee JJ, Shin JY, Kim SK, Kim MW. 1998. Comparison of phenolic components between Korean and American ginsengs by thin-layer chromatography. *J Ginseng Res* 22: 91-95.
 31. Noh BS, Ko JW. 1997. Discrimination of the habitat for agricultural products by using electronic nose. *Food Engineering Progress*. Vol 1, No 2, p 103-106.
 32. 이성계. 2001. 인삼 향의 관능적, 화학적 특성 분석 및 전자코를 이용한 홍삼의 원산지 판별법 개발. 서울대학교 대학원 박사학위논문.
 33. Shaw PC, Ha WY, Yau FCF, But PPH, Wang J. 2000. Authentication of *Panax ginseng* and *P. quinquefolius* by multiplex polymerase chain reaction. Proceedings of the International Ginseng workshop. Vancouver, Canada. p 113-118.
 34. Boehm CL, Harrison HC, Jung G, Nienhuis J. 1999. Organization of American and Asian ginseng germplasm using randomly amplified polymorphic DNA (RAPD) markers. *J Amer Soc Hort Sci* 124: 252-256.
 35. Ngan F, Shaw P, But P, Wang J. 1999. Molecular authentication of *Panax* species. *Phytochemistry* 50: 787-791.
 36. Schluter C, Punja ZK. 2000. Genetic diversity among natural and cultivated populations and seed lots of North american ginseng (*Panax quinquefolius* L.) grown in Canada. Proceedings of the International Ginseng workshop. Vancouver, Canada. p 89-104.