

인류의 생활 및 건강을 위한 기능성 소재로서의 자원식물의 가치 및 활용방안

이철희*, 신소림

충북대학교 응용생명환경학부 원예과학과

Merit and Application of Plant Resources as Functional Bio-materials for Human Life and Health

Cheol Hee Lee* and So Lim Shin

Dept. of Horticultural Science, Chungbuk Nat'l Univ., Cheongju 361-763, Korea

서 언

자원식물이란 인간의 생활에 유용하게 사용되는 식물을 뜻하며, 지구상에 생육하는 대부분의 식물이 이에 속한다. 현재 지구상에는 쌍떡잎 식물 199,350종, 외떡잎 식물 59,300종, 나자식물 980종, 양치식물 12,838종, 이끼류 16,000종, 적조류 6,076종 및 녹조류 3,962 등 총 298,506종의 식물이 존재하는 것으로 알려져 있다(IUNC, 2008). 또한 인간의 손길이 닿지 않은 천연 강우림 등의 미개척지가 상당수 존재하고 있으므로, 아직 발견되지 않은 더욱 많은 식물 종들이 존재할 것으로 추정된다.

식물이 인간생활에 유용하게 사용될 수 있는 이유는 식물이 생산하는 2차 대사산물에 있다고 해도 과언이 아니다. 이차 대사산물이란 식물의 생장 및 생식 등 생존에 필수적인 기능은 하지 않지만, 식물이 환경에 적응하고 자기 스스로를 방어하기 위하여 생산하는 천연 산물이다(Paek, 2001). 이차 대사산물의 종류에는 alkaloid, flavonoid, polyphenol, terpenoid, steroid, quinone 등 여러 가지가 있다. 이들은 식물 스스로를 방어할 뿐 아니라 식물의 색, 맛, 향 등에 관여하며, 인간을 포함한 포유류의 노화 및 질병 예방 및 치료 효과도 있다(Paek, 2001).

식물에서 2차 대사산물의 합성은 몇 가지 특징을 가지고 있다. 다양한 종류의 2차 대사산물은 특정 식물에 한정되어 생산되므로, 식물 종에 따라 함유하고 있는 2차 대사산물의 종류 및 함량이 각기 다르다. 또한, 특정한 시기에 특정한 기관, 조직 및 세포에 한정되어 생합성 되므로, 동일한 식물에서도 생육 시기와 부위에 따라 함유하고 있는 2차 대사산물의 종류와 양이 다르다(Paek, 2001). 동일한 종도 환경요인에 따라 생합성 할 수 있는 2차 대사산물의 종류와 양이 다르며, 특히 척박한 환경에서 자라는 식물일수록 스스로를 보호하기 위하여 다양한 종류의 2차 대사산물을 많이 생성하는 경향이 있다.

생활수준이 향상되고 건강한 삶, 특히 건강하고 젊게 오래 사는 방법에 관한 관심이 증가되면서 다양한 건강 기능성 소재 및 상품에 관한 시장이 빠르게 커지고 있다. 한때는 빠른 효과와 저

렴한 가격으로 인하여 합성 물질을 사용한 건강기능성 소재가 많이 생산되었다. 그러나 합성물질의 발암 가능성, 간 비대증 유발, 간장 중 microsomal enzyme 활성 증가 등 안정성에 관한 문제가 제기되면서(Baranen, 1975; Kim 등, 1998), 최근에는 천연 물질에 관한 수요가 증가되고 있는 추세이다. 합성물질은 *In vitro* 상에서 강력한 효과를 보이더라도 인체의 흡수량이 낮은 경우가 있는 반면, 천연물질은 체내 흡수량도 높아 강력한 효과를 볼 수 있는 장점이 있다. 천연물질은 크게 식물성, 동물성, 광물성으로 나눌 수 있는데, 인간이 활용하는 대부분의 천연물질은 주로 식물계 소재에서 얻어진다고 볼 수 있다.

자원식물은 식용, 약용, 관상용, 유지용, 기호용, 밀원용, 섬유용, 향신료용, 향료용, 당료용, 호료용, 염료용, 수지용 등으로 다양하게 이용할 수 있으며, 보통 한 종류의 식물이 여러 가지 용도로 사용되고 있다. 근래에 이르러 사회적인 환경변화와 과학의 발전에 따라 자원식물의 이용 범위가 보다 확대되고 있는 추세에 있다.

I. 기능성 소재로서의 자원식물의 이용

자원식물은 생체를 그대로 사용하거나, 생체, 건조물 및 추출물의 형태로 식품, 의약품, 건강보조식품 및 다양한 생활용품 등을 가공할 수 있다. 특히, 기능성 자원식물이 가지고 있는 식물 특유의 색, 향, 맛은 소비자의 기호를 충족시킬 수 있으며, 상품의 가치를 높일 수 있다.

1. 건강 기능성 소재

가. 항산화 효과

호흡과정에서 체내로 흡수된 산소는 대사과정에서 활성산소를 생성한다. 소량의 활성산소는 강한 살균작용, 오래된 단백질 제거 등의 유익한 점이 있으나(Jeong, 1991), 환경오염, 스트레스, 혈액순환 장애, 화학물질 등 다양한 이유로 과잉 생산된 활성산소는 체내의 산화를 유도하여, 노화 및 질병의 원인이 되는 것으로 알려져 있다(Freeman과 Grapo, 1982; McCord, 1987).

활성산소는 구조적으로 하나 이상의 짝 없이 불안정한 전자(부대전자, unpaired electron)를 가지고 있는 원자 또는 분자이다. 활성산소처럼 짝짓지 않는 전자를 가지는 원자단을 free radical이라 한다. 일반적으로 free radical과 활성산소를 같은 의미로 사용하지만, H_2O_2 또는 1O_2 처럼 free radical은 아니지만 활성산소를 쉽게 생성하는 물질 또한 활성산소에 포함시키므로 활성산소는 free radical 및 free radical로부터 파생된 여러 가지 산소화합물을 포함하는 말이다(Jeong, 1991).

활성산소의 특징은 반응성이 매우 높은 불안정한 입자이라는 것인데, 체내에서 다른 물질과 반응하여 원자 하나를 가져와야만 안정화된다. 체내에 생성된 활성산소는 세포막, DNA 및 기타 인체 구성성분과 빠르게 반응하여 인체 구성성분의 원자를 빼앗아 간다. 또한, 세포를 구성하는 다가불포화 지방산과 반응하여 지질과산화 반응을 촉진하며, 과산화물의 산화분해, 중합반응 등에 의한 2차 산물이 생성되어 단백질, DNA, 효소 등의 인체 구성 요소를 손상시켜 질병을 유발한다(Borek, 2001).

식물도 호흡시 발생하는 활성산소에 의한 산화 스트레스를 받으며, 이를 방어하기 위하여 항산화 물질, 항산화 효소 등 다양한 항산화 체계를 구축한다(Hossain 등, 2007). 따라서 식물의 다양

다. 성인병 치료 및 예방 효과

최근 잘못된 식습관, 서구식 식생활 및 스트레스에 의한 영향으로 비만, 당뇨 등 성인병 환자가 급속히 늘어나고 있다. 채소, 과일 등의 식물 섭취는 비만, 동맥경화 등 성인병 예방에 효과적이라는 것은 익히 알려져 있으며, 최근에는 식물을 직접 섭취할 뿐 아니라 식물 추출물을 이용한 성인병 예방·치료제를 개발하고 있다.

성인병은 각 질병별로 주요 유발요인이 있지만, 활성산소도 매우 큰 영향을 주므로 항산화 활성이 우수한 식물을 선별하여 성인병 예방 및 치료에 미치는 영향을 심도 깊게 연구할 필요가 있다. 그 예로 동맥경화는 주로 혈청의 지질 정도에 의하여 유발되지만, 산화적 스트레스, 내피세포의 활성화, 염증, plaque의 안정성 등도 동맥경화의 주요 인자이다(Roberts 등, 2007). 특히 활성산소로 인한 산화적 스트레스에 의하여 활성화된 대식세포는 cytokine, tumor necrosis factor-a(TNF-a), prostaglandin 등을 생성하여 염증반응을 일으키며, 이로 인하여 동맥 내에 형성된 염증은 동맥경화에 중요한 원인이 된다(Ito와 Ikeda, 2003; Bratus 등, 1999).

활성산소는 당뇨병에 원인이 되기도 하는데, 고혈당에 의한 당대사 이상이 나타나는 당뇨병은 췌장의 베타세포 손상 및 합병증에 의한 조직 손상에 관여한다(Baynes, 1991). 활성산소와 당뇨병은 서로 상호촉진 관계에 있는데, 당뇨병의 당화과정에서 생성되는 활성산소는 지질과산화물을 촉진하는 등 산화적 스트레스를 유발하며 지질과산화는 단백질의 당화과정을 촉진한다(Reaven, 1995)

식물이 가지고 있는 항산화 활성은 동맥경화, 당뇨병 및 당뇨 합병증의 예방 및 치료에 효과적일 가능성이 매우 높다. 또한, 식물에는 항산화 활성 이외에도 다양한 성인병에 치료적 효과가 있는 2차 대사산물이 있다. 따라서 식물 소재의 항산화 활성을 기초로 하여 성인병 치료 및 예방 효과를 연구한다면 기존의 합성 성인병 치료제 보다 효과적인 치료제를 개발할 수 있을 것으로 생각된다.

라. 간보호 효과

간은 인체 기관의 기능을 조화롭게 관리하는 역할을 하며, 영양물 대사, 해독, 순환 조절 등의 기능이 있다(Cho와 Yoon, 1999; Sohn 등, 2003). 인체에 중요한 역할을 하는 간이 손상되는 이유는 음주, 흡연, 바이러스 감염, 과로, 스트레스, 독물 또는 약물의 중독, 영양장애 및 순환장애 등이 있다(Lee 등, 2006a). 또한 활성산소에 의한 산화적 스트레스는 간섬유화 등 간의 손상을 유발한다(Szuster-Ciesielska 등, 2001).

최근 천연물질을 약재로 이용하는 한약의 섭취가 간에 무리를 주어 간독성을 심화시킨다는 의견(Capsi, 2001; Rees와 Weil, 2001; Mills, 2001; Nahin과 Straus, 2001)이 있어 논란이 되기도 하였다. 그러나 이는 적정 복용량을 초과하여 과량의 한약재를 복용했을 경우에만 해당되는 일이며, 한약재로 사용되는 식물의 간 보호 효과가 이미 과학적으로 입증되었다(Lee와 Lee, 2004). 그러므로 적절한 양의 식물 섭취는 간보호에 효과적이라는 것이 일반적인 의견이다.

마. 아질산염 제거 효과

육류 및 수산제품의 가공에 첨가되는 식품 첨가물의 일종인 아질산염은 제품의 발색 향상, 풍미 향상, 식중독 예방 및 저장 중 산패취 발생을 감소시키는 효과가 있다(Fox, 1966; Macdougall

한 항산화 체계를 이용하여 항산화제 개발 및 항산화 소재 개발이 가능하다. 그 동안 활성산소를 유발하는 원인 및 이를 제거할 수 있는 메커니즘에 관한 다양한 연구가 왕성하게 진행되었다. 그 결과, 다양한 식물들이 superoxide dismutase(SOD), ascorbate peroxidase(APX), glutathione reductase(GR), catalase(CAT), dehydroascorbate reductase(DHAR), monodehydroascorbate reductase (MDHAR) 등의 항산화 효소 및 β -carotene, 비타민 E, 비타민 C, polyphenol, flavonoid 등의 항산화 물질을 다량 함유하고 있으며, radical 소거능, 2차 라디칼 형성을 방지하는 금속이온 chelating 효과 등의 항산화 활성 또한 매우 높다는 것이 증명되었다(Hossain 등, 2007; Woo and Lee, 2008). 최근에는 식물 추출물 등 다양한 천연물질을 이용한 천연 항산화제가 많이 개발되어 시판되고 있으며, 보다 효과적이고 저렴한 천연 항산화제를 개발하기 위한 노력이 계속되고 있다.

질병의 근원이 되는 활성산소를 제거할 수 있는 능력을 측정함으로써 다양한 질병 연구의 기초 자료가 된다. 그러므로 다양한 연구자들이 다수의 식물을 대상으로 항산화 활성에 관한 스크린을 하고 있을 뿐 아니라, 다양한 재배 방법, 수확 후 처리 방법, 추출 방법 등에 따른 항산화활성의 변화에 대해서도 연구하고 있다.

나. 항암효과

활성산소는 유전자를 손상시켜 암조직의 개시를 유도할 뿐 아니라 암의 각 진행단계에 밀접하게 작용하는 것으로 알려져 있다(Jung 등, 2006). 한 예로 스트레스를 많이 받게 되면, 체내 활성산소의 양이 증가되고, 증가된 활성산소는 체세포 및 유전자 등을 손상시켜 암을 유발하게 된다. 따라서 항산화 활성이 우수한 것으로 나타나는 식물들은 항암활성에 관해서도 연구해 볼 필요성이 있다.

암 치료는 수술 또는 화학요법으로 행해지는데, 일반적으로 항암치료에 사용되는 화학약제는 독성이 매우 강하여 각종 부작용을 유발한다(Kang과 Liang, 1997; Park 등, 1995). 따라서 부작용이 적고 효과적인 항암제를 개발하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다. 특히 식물유래 phytochemicals는 암의 예방 및 치료에 사용될 수 있는 가장 경제적이고 실리적인 항암소재로 인식되고 있다(Seo, 2004). 식물 추출물은 항암효과 이외에도 면역기능을 높여 주고 활성산소를 제거하는 등 다양한 건강개선의 효과가 있으므로, 최근에는 암세포에만 선택적으로 작용하고 면역강화, 산화 방지 등의 효과를 줄 수 있는 식물 유래의 천연 항암제를 개발하려는 많은 연구가 수행되고 있다(Lee 등, 2000; Park 등, 2007; Jo와 Min, 2007).

지금까지 밝혀진 암 예방 및 치료 효과가 있는 식물소재로는 콩(이소플라본), 생장(진저롤), 울금(커큐민), 포도(레스베라트롤), 마늘(아릴설파이드), 양배추(인돌카비놀), 브로콜리(설포라판), 호두(엘라직산), 주목(taxol) 및 일일초(vinca alkaloid) 등이 있다(Seo, 2004; Jang 등, 1997; Chi, 1998)

지구상에는 매우 다양한 종류의 자원식물이 있으므로 식물의 항암활성에 관한 연구를 지속적으로 진행하면 주목보다 생육이 빨라 biomass가 크면서도 항암효과가 우수한 식물을 많이 발견할 수 있을 것이라 생각된다.

등, 1975; Duncan과 Foster, 1968; Jhonston 등, 1969; Willian, 1970; Roberts와 Sawyer.1975). 그러나 아질산염은 단백질 식품 또는 2~3급의 아민류와 반응하여 발암성 니트로사민을 생성하는 것으로 알려져 있다(Crosby와 Sawyer, 1976; Fiddler 등, 1973). 최근 식품첨가물의 인체 안정성에 관한 논란이 부각되면서, 아질산염에 관한 관심도 높아지고 있다. 아질산염은 식품첨가물로써 인위적으로 첨가되기도 하지만, 사람의 타액에도 소량 존재하고 있으며(Harada 등, 1974), 어류나 채소에도 존재하는 질산염도 체내에서 아질산염으로 환원되므로(Hayashi와 Watanabe, 1978) 아질산염 제거제를 인위적으로 섭취할 필요가 있다.

Phenol계 물질(Cooney와 Ross, 1987), melanoidin(Kato 등, 1983), ascorbic acid(Mirvish 등, 1972) 등은 아질산염 및 아질산염이 생성하는 발암물질인 nitrosamine agent를 감소시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있다. 식물은 phenol계 물질과 vitamin 등을 다량 함유하고 있으므로, 아질산염 제거 소재로서 활용가치가 높다. 특히, 식물의 아질산염 분해효과는 pH 의존성이 크며, 체내 위액의 pH와 유사한 강산성에서 효과적이므로 아질산염에 의한 발암물질 제거에 효과적이다(Yeo 등, 1994).

바. 아로마테라피 효과

앞서 식물의 2차 대사산물이 체내의 여러 기관에 작용하는 것에 대하여 알아보았다. 식물은 맛, 색에 관여하는 화합물 외에 향기를 내는 방향성 화합물(식물성 정유)도 생산한다. 식물의 정유성 물질은 피부 접촉 또는 흡입을 통하여 체내로 흡수되는데, 흡수된 식물의 정유성 물질은 혈관을 통해 항산화 효과, 체내 불필요 물질 제거 등의 효과를 준다(Yoon과 Chiang, 2002). 또한 후각신경을 통하여 대뇌 신경계에 향기 정보가 전달되면 뇌에서 다양한 신경 화합물질이 조절되며, 신경화합물질은 체내 호르몬 분비를 조절하고 각 기관의 기능을 원활하게 해주며 스트레스 해소 및 평안을 준다(Yoon과 Chiang, 2002). 이렇게 식물의 향을 이용하여 심신의 안정과 편안함을 주는 것을 '아로마테라피'라고 한다.

아로마테라피에는 허브로 불리는 식물이 많이 사용된다. 일반적으로 허브라고 하면, 라벤버, 타임, 바질 등 몇 가지 특정식물만을 한정지어 생각하는 경우가 많다. 그러나, 허브는 푸른 풀의 뜻하는 라틴어 'herba'에서 유래된 것으로서 현재는 약이나 향신료로 사용하는 식물을 뜻한다. 따라서 대다수의 자원식물은 허브에 포함되며, 우리주변의 대다수 식물들이 허브에 속한다.

2. 미생물 생육 억제 또는 촉진제

미생물이란 바이러스, 세균, 곰팡이, 조류 및 원생동물과 기생충을 뜻하며(Lee 등, 2006c), 지구상에 광범위하게 분포되어 인간 생활에 밀접한 영향을 미친다. 일반적으로 미생물은 식중독, 충치, 에이즈, 인플루엔자, 천연두, 소아마비, 디프테리아 등 다양한 인체 내 질병을 유발하며, 고초균 등 식물병을 유발하는 해로운 생물로 인식되어 있다. 그러나 김치, 된장, 치즈 등 식품의 발효, 주류 제조, 토양 내 유기물의 분해 및 순환, 페니실린 등과 같은 의약품 생산 등 인간생활에 매우 유용하게 사용되는 미생물도 상당히 많다. 따라서 해로운 미생물의 생육은 억제하고, 유용한 미생물의 생육을 촉진시키는 등 미생물의 생육을 조절하는 것은 인간 생활에 매우 유용하게 이용될 생물 공학적 기술이다.

Waksman와 Woodruff(1942)에 따르면, 미생물의 활성을 억제시킬 수 있는 항생물질은 원래 미생물이 만들어 내는 물질로써, 낮은 농도에서도 다른 미생물의 증식을 억제하거나 죽이는 것이라 하였다. 그러나 미생물 이외에도 지의류, 선태류 및 고등식물에도 항생효과가 있는 것이 밝혀지면서, 최근에는 생물체가 생산하는 저분자의 화학물질로서 낮은 농도에서 미생물이나 종양세포의 증식을 억제하거나 죽이는 것을 항생물질이라 한다(Lee 등, 2006c).

그 동안 많은 연구에서 식물 추출물이 다양한 미생물의 생육 억제에 매우 효과적인 것이 밝혀졌으며, 식물의 항균효과를 실생활에 응용할 수 있는 예는 무수히 많다. 특히 최근 지구 온난화 현상으로 인하여 지구의 평균 기온이 올라가고 있으며, 이로 인하여 온대지방의 기온도 유해 미생물의 생육에 적합한 30~37℃에 근접한 날이 많아졌다. 따라서 식중독 등 유해균에 의한 피해가 증가될 것으로 예상되므로 이에 대응할 필요가 있다. 또한 충치 및 구취는 치아 우식균인 *Streptococcus mutans*, *Streptococcus sobrinus* 등에 의하여 유발되며(Kang 등, 2007), 최근 청소년 뿐 아니라 성인에게도 문제가 되는 여드름은 혐기성 세균인 *Propionibacterium acnes*에 의하여 유발(Leeming 등, 1997)되는 등 미생물은 인체 건강과 밀접하게 연관되어 있다. 그러므로 다양한 미생물을 억제할 수 있는 식물소재의 개발은 산업적으로 매우 유용하게 사용될 수 있다.

화학합성 항균제는 효과가 매우 우수하고 항균 스펙트럼이 넓은 장점이 있으나, 체내 축적에 의한 암, 돌연변이, 세포 독성 등의 유발 등 인체 내 부작용 및 과다한 사용으로 인한 내성 증가 등이 우려되므로 항균활성을 보이는 다양한 종류의 천연물질을 개발할 필요가 있다(Bae 등, 1999; Sohn 등, 2000; Berg, 1998). 특히 식물 추출물 등 천연 항균제는 기존 항생제 내성 균주에 대해서도 항균효과를 보이기도 한다(Ji 등, 2007). 따라서 항균활성이 우수한 식물소재의 개발은 식품, 의약품, 화장품, 유기농업, 축산업, 양식업, 의류업, 세제 및 청소용품 등 다양한 관련분야에서 활용도가 높다.

그 동안 식물의 항균활성에 관한 연구가 많이 진행되었으나, 대부분 식용하는 채소, 과일, 허브 또는 한약 소재에 집중되어 있으며, 특히 외국 식물인 허브류에 관련된 연구가 많았다. 그러나 국내에 자생하는 다양한 야생 식물 중에도 외국 허브와 같이 독특한 향미가 강하여 항균활성이 높을 것으로 기대되는 식물이 많이 있다. 기존에는 사용하지 않았던 식물의 버려지는 부위(전정 후 남은 가지와 잎, 미숙과, 과일 껍질, 씨 등)에서도 항균활성이 강하게 나타나는 경우가 있으므로 자원식물의 부위별 항균활성을 검정할 필요가 있을 것으로 생각된다.

일반적으로 식물 유래의 항균 소재는 항균 스펙트럼이 좁거나, 항균력이 약한 단점이 있다. 주로 자극적인 향과 맛을 지닌 식물에서 항균활성이 우수하므로 첨가제로 사용할 경우 관능적인 부분을 손상시키는 단점이 있어 상품화되기 어려운 것으로 알려져 있다. 그러나 지구상에는 다양한 종류의 자원식물이 있으므로 항균 스펙트럼이 좁은 문제는 특정 미생물에 강한 반응을 보이는 다양한 식물 종의 개발을 통해 개선하면 되며, 강한 맛과 향은 오히려 부수적인 효과를 낼 수 있는 장점으로 사용될 수 있다. 또한 자원식물은 종류가 많고, 꽃, 꽃봉오리, 잎, 줄기, 뿌리, 씨 등 다양한 부위가 사용될 수 있으므로 맛과 향이 강하지 않으면서 소량으로 항균활성을 낼 수 있는 식물을 찾을 수 있을 것이다. 또한, 식물 소재 항균제품은 항균작용 이외에도 식물이 가지고 있는 건강 기능성 활성에 의하여 부수적인 효과를 얻을 수 있는 장점도 있다.

특히, 최근에는 소비자의 교육수준의 증가, 안정성에 관한 관심 증가 등으로 인하여 합성 항균제의 기피 현상이 강하게 나타나고 있는 추세이다. 따라서 일상생활에 사용되는 세정제, 항균제,

항균성 포장재 등에 식물 추출물 등과 같이 소비자에게 친숙한 소재를 활용한 항균제재의 판매가 증가되고 있다. 그러나 항균작용을 보이는 식물 중에는 강력한 독성을 띠는 식물이 다수 포함될 수 있으므로, 식물 유래의 항균소재로 식품 소재 및 보존제를 개발하기 위해서는 식용 가능한 식물인지 반드시 확인할 필요가 있다.

한편, 발효식품의 우수한 영양가치 및 건강 기능성이 밝혀지고, 식품 이외에 화장품 등 피부 미용소재도 발효를 통하여 활성이 증가되고 피부 흡수력이 우수해 지는 등 미생물 발효의 장점이 알려지면서 발효제품에 관한 수요가 증가하고 있다. 식물 추출물은 미생물의 생육을 억제하기도 하나, 일부 식물 추출물은 발효 미생물의 생육을 촉진하거나 발효 미생물과 상호작용을 통하여 발효물의 생리활성을 증가시키기도 한다. 또한, 식물 추출물의 첨가로 인하여 원래 발효를 통하여 얻을 수 있는 생리활성 기능에 첨가된 식물 추출물의 기능성까지 더해져 고기능성 상품 소재가 개발될 수 있다.

3. 피부 미용 소재

식물은 예로부터 보습성분과 좋은 향을 가지고 있어, 화장품의 원료로 많이 사용되어 왔다. 최근 여성들의 사회활동이 많아지고, 젊고 세련되게 보이길 원하는 여성들이 많아지면서 보습 뿐 아니라 노화 방지, 주름 개선 및 미백 등 기능성 화장품에 관한 수요가 급증하고 있다. 따라서 최근에는 식물이 가지고 있는 피부 노화 방지, 미백 등의 기능성을 이용한 기능성 피부 미용소재로 사용되고 있다.

피부가 노화되는 원인은 면역세포의 기능 저하, 단백질의 생합성 및 호르몬 분비 감소와 같은 내인성 노화와 자외선에 의한 광노화 및 환경 오염물질, 자외선 등에 인한 활성산소 발생 등 외적 노화 요인이 있다. 피부 노화의 특징에는 피부가 얇아지고 탄력이 줄어들며, 주름, 기미, 검버섯의 증가 등이 있다(Gilchrest, 1990; Grant와 Album, 1959; Ha, 2006).

피부가 검게 보이는 원인이 되는 멜라닌은 자연계에 널리 분포하는 페놀류의 생물고분자 물질로 검은 색소와 단백질 복합체이다(Lee 등, 2006b). 멜라닌은 피부를 보호하는 효과가 있으나, 피부의 기미, 주근깨 등 피부 색소침착의 원인이기도 하다(Weixiong과 Helene, 1997; Kaufman, 1991; Kameyama 등, 1993). 멜라닌 억제에 미치는 식물의 영향을 연구한 다양한 결과에서 많은 식물들이 멜라닌 억제에 효과를 보이는 것으로 나타났다(Lee 등, 2005; Chun 등, 2000; You 등; 2009).

한편, 식물의 항산화 효과는 피부의 노화를 직접적으로 막아줄 뿐 아니라, 산화적 스트레스로 발생한 지질과산화물이 피부에 탄력을 주는 collagen과 elastin 사슬의 절단 또는 비정상적인 교차 결합 유도, hyaluronic acid 사슬 절단 등으로 인한 피부탄력 저하를 막아주는 효과가 있다(Cho 등, 2006; Hwang, 1997; Kim 등, 1999; Lee 등, 1998; Park 등, 1999; Jansssen 등, 1993).

그 동안 합성물질의 피부 트러블, 발암 등의 부작용이 끊임없이 제기되면서, 천연 물질로 만들어진 천연 화장품의 수요가 증가하고 있는 추세이다. 게다가 2008년 10월부터 시행된 ‘화장품 전 성분 표시제’에 의하여 모든 화장품에 첨가 성분이 공개되면서, 합성물질 대신 천연물질로 만들어진 제품들이 크게 늘어나고 있다. 천연 화장품의 폭발적인 수요와 더불어 제대로 검증되지 않은 식물 소재의 무분별한 사용으로 인한 부작용, 유사 식물의 미분류로 인한 효능 불안정, 안정

성이 검증되지 않은 수입 식물의 사용, 유기농 화장품의 부실한 관리 등의 문제도 함께 발생되고 있는 추세이다. 그러므로 식물 소재의 상품화 이전에 과학적 방법을 통하여 검증된 제품 생산이 반드시 필요하다고 생각된다.

4. 천연 살충제 개발

식물은 항균작용 이외에 항곤충 작용력도 가지고 있다. 항곤충 작용을 가진 식물로는 식충식물이 가장 많이 알려져 있으며, 곤충을 포획하여 생육에 이용하는 식충식물은 한때 해충 제거용 식물 소재로 부각되었다. 그러나 대부분의 식충식물이 1회 포획량이 적고 포획한 곤충을 소화하는데 오랜 시간이 걸리는 경우가 많아 해충퇴치를 위한 전문적 소재로는 개발에 한계를 느껴왔다. 식충식물은 포충잎 뿐 아니라 다른 기관에서도 antifeedant activity가 있는 강력한 휘발성 물질인 plumbagin이 다량 함유되어 있는 것이 알려졌다(Tokunaga 등, 2004). 따라서 식충식물은 살아있는 자체로도 살충효과를 볼 수 있지만, 식충식물의 추출물을 이용하여 천연 살충제도 개발할 수 있을 것으로 생각된다.

일부 식물은 polyhydroxy steroid의 일종으로써, 무척추동물인 곤충 및 갑각류의 탈피를 촉진하는 ecdysteroid계 화합물을 생합성 할 수 있다(Lanfont와 Dinan, 2003). Ecdysteroid는 누에, 나비, 모기 유충 등 곤충의 탈피를 인위적으로 유도하여, 잦은 탈피를 통한 사망에 이르게 하는 살충효과가 있다(Lanfont와 Dinan, 2003). 식물에서 발견되는 ecdysteroids는 phytoecdysteroids라고 불리는데, 모든 고등식물에 포함된 것이 아니라 양치식물, 나자식물, 피자식물에 속한 소수의 식물만이 생산할 수 있다(Dinan 등, 2001). Phytoecdysteroids는 분자량이 커서 곤충 체내로 쉽게 흡수되지 않는 단점이 있지만, 나노입자 공법 또는 다양한 기술을 동원하여 곤충 내로 흡수되기 쉽게 전환한다면 훌륭한 식물 방제제가 될 수 있을 것으로 생각된다.

체내 잔류 및 인체에 치명적 위해를 가할 수 있는 합성 항해충제와 달리 plumbagin, ecdysteroids 등 식물 소재 살충제의 가장 큰 장점은 곤충에게는 피해를 주지만, 인간을 포함한 척추동물에게는 자양강장, 항당뇨, 항동맥경화, 세포 분화 촉진 등의 약리작용을 보인다는 것이다(Lanfont와 Dinan, 2003; Snogan 등, 2007; Ding 등, 2005; Itogawa와 Furukawa, 1991). 따라서 식물 추출물에서 유래한 항해충제를 개발한다면 부작용의 걱정이 없는 천연 항해충 소재를 개발할 수 있을 것으로 생각된다.

5. 천연 농약 소재

1940년대 합성 농약이 출시되기 전에는 대부분 식물소재를 농약으로 활용하였으나, 합성농약의 강력하고 빠른 효과로 인하여 식물 소재를 활용한 농약의 사용은 급격히 감소되었다(Yoo 등, 2001). 그러나 잔류 합성농약의 체내 축적에 의한 부작용, 환경오염 및 생태계 교란 등 다양한 문제점으로 인하여, 최근에는 식물 등 천연물질을 활용한 농약 개발에 대한 수요가 급증하고 있다.

식물은 환경에 적응하고, 다른 생물과의 경쟁에서 생존하기 위하여 phenolic acids, flavonoids, terpenoids, steroids, alkaloids 및 organic cyanide 등 다양한 알레로파시(allelopathy) 물질을 생산

하여 스스로를 보호하는 메커니즘을 발달시켜 왔다(Whittaker와 Feeny, 1971; Einhellig, 1985; Williams과 Hoagland, 1982; Duke, 1986). 알레로파시란 식물이 분비하는 화학물질이 직·간접적으로 다른 식물에 영향을 끼쳐 발아와 생장을 억제하는 간섭작용이다(Inderjit, 1996; Molish, 1937; Newman, 1978). 식물의 알레로파시 물질은 다른 식물의 발아 및 유묘의 생육을 억제하는 효과가 있으므로(Craft와 Robbins등, 1973; Bhowmik와 Doll, 1984; Ashton과 Monaco, 1991; Green과 Corroran; 1975), 이를 이용하여 천연 제초·살초제를 개발할 수 있다(Duke 등, 1987, Putnam, 1987).

식물 추출물은 항균 및 항곤충 효과를 가지고 있으므로 곰팡이 및 세균에 의한 식물병의 방제 및 해충으로부터의 보호가 가능하다. 화학적 합성 농약에 비해 안정성이 우수하여, 유기농 살초제 및 식물병의 방제 소재로 적합하다. 그러나 경우에 따라 치명적인 독을 함유한 식물도 많으므로, 환경 및 동물 독성에 관한 위험성이 반드시 검증되어야 한다.

식물을 이용한 살초 또는 병원균 방제물질은 식물 내 함유량이 낮거나, 식물 자체의 크기가 작아 대량생산이 어려울 수 있으며, 단일 성분의 분리시 공정이 복잡하여 가격이 비싸질 수 있다. 그러므로 식물소재의 농약을 개발하기 위해서는 생육이 빠르고 크기가 큰 식물들을 위주로 선발할 필요가 있다. 단일 유용성분을 분리하여 사용하면 효율성이 높으나, 조추출물 상태에서 살초 및 항병원균 효과가 우수한 식물을 선발하여 생산 단가를 낮추기 위한 노력도 병행해야 할 것으로 생각된다.

II. 자원식물의 기능성 활용시 유의 사항

식물의 기능성 연구는 다양한 분야의 연구자들에 의해 수행되어 왔으나, 그 중에는 식물의 특성을 제대로 파악하지 못하고 연구를 진행한 경우도 많이 있는 것으로 생각된다. 식물은 합성물질과는 달리 살아있는 생명체이므로 생육 중 기능성 물질이 유동적으로 변할 수 있으며, 같은 종이라도 자라는 환경에 따라 완전히 달라지는 특징을 지니고 있다. 그러므로 식물 고유의 특성을 정확하게 이해한 다음 기능성 연구를 진행할 필요가 있다.

1. 식물의 정확한 분류

지구상에는 형태는 유사하나 특성이 완전히 다른 식물들이 많이 존재하고, 식용식물과 독초가 비슷하게 생긴 경우가 많다. 그러므로 식물을 소재로 사용할 때는 반드시 정확하게 분류를 실시한 후 진행해야 한다.

참취(*Aster scaber*), 수리취(*Synurus deltoides*), 미역취(*Solidago virga-aurea* var. *asiatica*), 각시취(*Saussurea pulchella*) 및 곰취(*Ligularia fischeri*) 등 국화과의 많은 식물을 모두 취나물이라고 부른다. 이들은 각각 분류군이 다르고, 기능성도 모두 다르다. 또한 한방에서 석위, 세뿔석위, 애기석위를 모두 석위라 부르는 등 한의학적으로 효능이 유사한 식물을 같은 한약명으로 부르는 경우가 있다. 이들 또한 생리활성의 정도와 함유 물질이 조금씩 다르므로 구분해서 사용하는 것이 옳을 것으로 생각된다.

2. 식물의 재배환경 및 생리학적 특징

식물은 살아있는 생명체이므로, 같은 식물도 자라는 환경에 따라 크기, 형태가 달라질 뿐 아니라 생합성하는 2차 대사산물의 종류와 양도 달라진다. 특히 광, 기온, 토양 등의 외적 요인은 식물의 2차 대사산물의 생합성에 큰 영향을 미친다(Paek, 2001). 따라서 식물의 기능성을 이용할 때는 2차 대사산물의 합성에 영향을 주는 환경적 요인을 잘 고려해야 한다.

식물 소재를 대상으로 연구할 경우, 식물의 자생지 또는 재배지, 채취 시기 및 채취 당시의 연령을 명시하는 것이 연구의 정확성을 높일 수 있다. 한 예로 제주, 단양 및 의성, 남해등 다른 지역에서 재배한 마늘의 항산화 성분과 항산화 활성이 다르게 나타났다(Hyun 등, 2008). 또한 Kim 등(2008)이 광양, 부안, 완주, 군산 등 다양한 지역에서 들나물을 수집 후 항산화 활성을 비교한 결과 수집지에 따라 항산화 활성이 다를 뿐 아니라 식물의 형태 및 개화 양상도 다른 것으로 나타났다.

일반적으로 국화과 식물처럼 진화된 식물 분류군이나 양치식물과 같이 오랜 세월동안 환경의 변화에 적응하여 살아남은 식물군에 속한 식물들은 급변하는 환경에서 오랜 시간동안 적응해오면서 다양한 2차 대사산물을 합성하여 축적하고 있을 가능성이 높아 기능성 연구 소재로써 적합할 것으로 생각된다. 또한, 식물은 온실이나 비닐하우스와 같이 환경을 조절할 수 있는 장소에서 재배하는 것 보다는 야생의 상태에서 다양한 환경변화를 극복하며 자랄 때 스스로를 보호하기 위하여 2차 대사산물을 많이 생성하는 경향이 있다(Štajner 등, 1998; Braca 등, 2003). 그러므로 식물의 기능성을 분석하기 위하여 스크린 하는 단계에서 식물의 이런 생리·생태적 특성을 고려하는 것이 매우 중요한 과정으로 생각된다.

3. 식물의 생육 단계 및 부위별 차이

식물이 생산하는 2차 대사산물은 특정한 시기에 특정한 기관, 조직 및 세포에서만 일어나는 경우가 많다(Paek, 2001). 예를 들어, alkaloid는 식물의 개화기에 한정되어 생산되며, flavonoid는 발아와 유묘의 초기 생육에 다량 축적되는 것으로 알려져 있다(Paek, 2001). 호두나무의 flavonoid와 polyphenol 함량은 생육시기에 따라 다르게 나타나며(Solar, 2006), 구절초와 남구절초의 수확시기를 달리하여 분석한 결과, 수확 시기에 따라 항산화 물질의 함량과 항산화 활성이 각기 다른 것으로 나타났다(Woo와 Lee, 2008). 이와 같이 동일한 식물체의 같은 부위도 생육 단계에 따라 일반적으로 생리활성물질의 함량 및 생리활성 정도가 다르게 나타난다.

또한, 식물은 부위별로 생리활성물질의 함량 및 생리활성 정도가 각기 다르다. Woo 등(2008)이 단양쑥부쟁이, 별개미취, 참취, 해국의 꽃과 지상부(잎+줄기) 추출물을 대상으로 항산화 물질 함량 및 항산화 활성을 분석한 결과, 같은 식물도 부위별로 항산화 물질의 함량 및 항산화 활성이 각기 다르게 나타났다. 그 외에도 와송(Yoon 등, 2009), 비파(Park, 2008), 산딸나무(Kim 등, 2008) 및 가죽나무(Lee, 2007) 등에서도 부위에 따라 식물 추출물의 생리활성이 다르게 나타났다는 보고가 있다.

다양한 연구를 토대로 보면 식물은 채취 시기와 부위에 따라 생리활성 정도가 다르므로 목표로 하는 생리활성 기능에 따라 동일한 식물에서도 채취 시기와 부위를 다르게 해야 할 필요가

있는 것으로 생각된다. 그러므로 식물의 기능성 연구를 할 때는 시기별로 다양한 부위의 다양한 생리활성을 검정하여, 식물의 생육에 따라 효율적으로 이용하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

4. 재배법의 표준화

국내·외적으로 다양한 식물들을 대상으로 각종 기능성 연구가 진행되었고, 생리활성이 우수한 것으로 밝혀진 식물의 종류가 많으나 이들 모두가 상품화 되지 못하고 있는 실정이다. 이는 생리활성이 재현성이 높은 안정적인 재배법이 구축되지 않아 상품화를 위한 대량생산이 어렵기 때문이다.

식물은 환경에 의하여 2차 대사산물의 생합성 능력이 현저히 달라진다. 또한, 같은 지역에서 자란 식물들도 오랜 기간 자라면서 각 개체의 genotype이 달라져, 같은 환경에서 재배하여도 물리·화학적인 특성에 현저히 차이를 보이는 경우가 많다(Ercisli와 Orhan, 2008). 생리활성이 우수한 것으로 알려진 식물 종들도 정확히 같은 계통을 이용하지 않을 경우에는 생리활성이 달라질 수 있다. 그러므로 기능성 연구와 더불어 번식법 및 재배법의 개발을 통하여 안정적으로 재현성 있는 식물 소재의 생산을 병행하는 노력이 필요하다.

기내 조직배양은 무성번식을 통하여 균일한 식물체를 대량 생산할 수 있는 장점이 있다. 그러나 기내 조직배양은 적정 방법을 개발하기 까지 시간과 비용이 많이 들며, 생육을 촉진하기 위하여 첨가한 성장조절물질 등의 안정성에 관한 문제도 제기되고 있다. 산삼, 주목 등과 같이 상품의 가치는 높으나 생육이 느린 식물은 조직배양을 통해 생산의 효율성을 높이는 것도 대안이 될 수 있다. 그러나 생육이 빠르고, 단위면적 당 생산량이 높은 대부분의 식물들은 기능성 성분의 함량을 높일 수 있는 방법을 개발하여 노지에서 재배하는 것이 좋을 것으로 생각된다.

최근에는 화학물질의 안정성에 관한 문제가 제기되면서, 유기농법 또는 저농약 재배로 생산된 농산물의 수요가 높다. 유기농법 또는 저농약 재배로 생산된 농산물은 형태가 균일하지 않거나 바이오메스가 다소 적은 단점이 있다. 그러나 기능성 물질의 함량 및 생리활성이 월등히 높은 경향이 있으므로 기능성 식물 소재를 이용한 유기농법 및 저농약 재배법의 개발이 절실히 필요한 실정이다.

5. 산·학·관·연의 네트워크 구축을 통한 co-work

우리나라 식물 자원의 높은 기능성을 이용하여 경쟁력 높고 차별화가 가능한 상품을 개발하기 위해서는 자원식물 산업분야의 연구개발 능력을 극대화하여야 한다. 또한 연구개발의 효율성을 높이기 위해서는 연구 잠재력이 높은 학교, 산업체, 민간 연구소, 국가 기관이 서로 긴밀한 협조 체제를 구축하여야 한다.

국가 및 지자체가 중심이 되어 경쟁력이 높고 차별화가 가능한 특화 및 틈새 기술분야를 선정하여 집중 육성하며, 기반 또는 원천 기술에 대한 적극적 지원으로 세계적인 특허를 등록함으로써 제품의 국내 및 세계시장을 선점하는 노력이 필요하다. 또한 자원식물 관련 산업체의 현재 기술수준과 애로사항을 분석한 다음 기초기반 및 응용활용에 직·간접적으로 필수적인 연구분야를 도출하여 연구를 수행하는 것이 필요하다. 현장 애로기술과 단기간에 산업적 적용이 가능한 분야

를 선택하여 장·단기과제로 나누어 산·학·연·관의 능동적인 공동 연구개발을 수행함으로써 산업체들이 적시에 효과적으로 활용될 수 있도록 하는 것이 바람직하다.

III. 자원식물의 기능성을 이용한 산업화

1. 식물자원을 이용한 산업화 방향

생물 다양성은 산업과 밀접하게 연관되어 있어, 많은 국가에서 자생의 생물자원을 보전하며 개발함으로써 관련된 산업을 촉진하려는 노력이 계속되고 있다. 생태계의 보전하며 미관을 높임으로써 관광 및 레저산업을 발전시키고, 확보된 생물자원을 소재로 하여 다양한 제품을 개발하여 전통기술의 지속적인 발전과 새로운 시장개척을 도모하고 있는 것이다. 또한 자국 내 고유 생물과 유전자원을 확보, 보전하고, 이를 이용한 생명공학 원천기술의 개발 및 생물산업의 발전을 위해 노력을 기울이고 있다. 우리나라는 그 동안 경제논리에 밀려 생물자원의 파괴가 급속히 이루어졌다. 그러나 앞으로는 유용한 생물자원의 보존 및 확보를 통해 생물산업 분야의 발전에 매진하여야 할 것이다.

생물다양성협약에 따라 각국에서는 자생하는 식물종에 대한 생물다양성 연구에 집중투자가 이루어지고 있고, 국가 간 협력 하에 생물정보를 교환하며 활용하고 있다. 아울러 생물자원에 대한 자국의 주권을 인정하면서, 자국의 유용 자원종, 희귀종, 멸종 위기종 등에 대한 해적행위를 막고 독점권을 행사하기 위한 분쟁이 확산될 것이 예상된다.

자원식물의 부가가치를 높여 산업화하기 위해서는 다음의 사항을 실천하여야 한다.

- ① 특산 식물자원의 부가 가치를 높이는 방법의 개발을 통한 경쟁력 강화
- ② 고부가 가치의 창출이 가능한 자원식물의 활용방법 확대 및 특용 작목화
- ③ 자원식물 생산산업(1차)과 가공산업(2차)의 클러스터화에 의한 농업의 현대화
- ④ 자원식물을 소재로 한 포괄적 복합 산업화로 고도의 기술을 갖춘 바이오 농업의 달성
- ⑤ 일촌일품 명품화 등 지역상품 브랜드 구축
- ⑥ 첨단 바이오 산업화의 이행

자원식물을 소재로 한 연구도 ① 국내 자원식물의 확보 및 보존, ② 자원식물의 특성에 맞는 용도별 개발을 통한 산업의 확대, ③ 자원식물을 이용한 제품의 개발, ④ 식물과 관련된 전통기술의 지속적인 발전, ⑤ 새로운 기술 개발을 통한 대체상품의 개발, ⑥ 생태계 보전 및 경관향상을 통한 관광 및 레저산업의 발전, ⑦ 자원식물을 이용한 생명공학 원천기술의 개발, ⑧ 생물산업에 필요한 신소재 산업의 발전 등에 필요한 분야에 초점을 맞춰야 집중되어야 할 것이다.

2. 경관농업을 통한 지역 경제 활성화 및 건강 기능성 상품 소비촉진

최근 도시의 복잡한 생활과 인공 조형물로 둘러싸인 생활에 지친 도시민들이 자연의 중요성을 느끼면서 전 세계에서 자연주의 운동이 활발히 일어나고 있다. 유럽과 일본 등 다양한 나라에서 자연을 체험하기 위한 관광 형태가 활성화 되어 있으며, 다양한 형태의 경관농업이 실시되고 있다. 우리나라에서도 주 5일제 근무가 보편화 되면서 주말에 여가 선용을 위한 경관농업을 도입하

려는 일반인 및 지자체가 많아졌다.

경관농업은 감상, 레저, 휴양의 기능을 따로 갖는 일반적인 관광과는 달리 생산, 경관 감상, 레저, 휴양 및 체험을 하나로 묶는 자연 체험형 관광형태를 말한다. 또한 경관농업은 농민이 주가 되어 농업과 관광 그리고 경관농업지에서 생산된 농산물을 이용한 상품 제조 등 1, 2, 3차 산업이 하나로 연결된 신 개념의 클러스터형 농업이다.

기능성이 높은 식물들 중에는 관상 가치가 우수한 종이 많이 있다. Flavonoid(안토시아닌, 미리세틴, 퀘르세틴 등), 카로티노이드, 엽록소 및 탄닌 등의 식물성 색소에는 노화 및 각종 질병예방에 효과적으로 작용하는 것으로 알려져 있는 항산화 물질이 많이 함유되어 있는 것으로 알려져 있다. 그러므로 색이 선명하여 관상가치가 높은 자원식물은 우수한 생리활성물질을 함유한 식물들이 많이 존재한다. 향이 강하거나 맛이 독특하여 사람들의 기호에 적합한 식물들도 많이 있다. 이들의 향기 성분 또는 맛[매운맛(캡사이신), 쓴맛(탄닌, 커테킨)] 등은 식물이 가지고 있는 건강 기능성 효과의 주요 원인이 되는 물질이다. 이와 같이 건강 기능성 식물은 대부분 관상 가치도 우수하고, 상품성도 높은 경향을 보인다.

관상가치가 높고 기능성 생리활성이 우수한 식물을 소재로 한 경관농업단지를 조성한 후, 그곳에서 수확한 부산물을 이용한 기능성 상품을 판매하거나 관광객이 직접 건강 기능성 상품을 제조해 볼 수 있는 기회를 제공한다면 성공적인 경관농업을 운영할 수 있을 것으로 기대된다. 또한 최근 건강과 환경에 관한 관심이 증가되면서 잘 사는 방법인 웰빙(well-being)을 넘어서 건강과 환경이 결합된 로하스(Lohas: Lifestyle Of Health And Sustainability)를 추구하는 사람들이 늘어나고 있는 추세이다. 따라서 본인의 건강 및 지속적인 환경 유지에 도움이 되는 소비패턴을 추구하는 사람들이 증가하고 있는 추세이다.

앞으로 경관농업단지에서 영농 체험, 재배한 식물의 섭취, 기능성 상품제조의 체험 및 상품 구입 등의 합리적 체계를 확립하는 것이 자원식물을 이용한 건강 기능성 상품의 유통에 주요한 전략이 될 수 있을 것으로 생각된다.

맺 음 말

자원식물은 인간 생활에 유용하게 사용될 수 있는 다양한 생리활성을 가지고 있다. 또한 아직도 밝혀지지 않은 유용한 기능이 많아 무한한 개발 가능성을 가지고 있다. 따라서 우리 주위에서 흔히 볼 수 있는 다양한 자원식물을 체계적으로 보존, 관리하고 각각의 유용성을 면밀히 연구하여 산업화 시킨다면 인간생활 곳곳에서 막대한 경제적 이익을 가져다 줄 뿐만 아니라 일상생활에 지친 현대인의 심신안정에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각된다.

사 사

본 연구는 농림수산식품부 농림기술개발사업의 지원에 의해 이루어진 것임

인 용 문 헌

- Ahn, D.J., Y.S. Kwak, M.J. Kim, J.C. Lee, C.S. Shin, and K.T. Jeong. 2000. Screening of herbal plant extract showing antimicrobial activity against some food spoilage and pathogenic microorganisms. *Kor. J. Med. Crop Sci.* 8:109-116. (in Korean)
- Ashton, F.M. and T.J. Monaco. 1991. *Weed science*. Third ed. Willy Interscience.
- Bae K.H., T.G. Ko, J.H. Kim, W.T. Cho, Y.K. Han, and I.K. Han. 1999. Use of metabolically active substances to substitute for antibiotics in finishing pigs. *Kor. J. Anim. Sci.* 41:23-30. (in Korean)
- Baynes, J.W. 1991. Role of oxidative stress in development of complications in diabetes. *Diabetes* 40: 405-412.
- Baranen, A.L. 1975. Toxicological and biochemistry of butylated hydroxyanisole and butylated hydroxytoluene. *JAOCS* 52:59-63.
- Berg, R.D. 1998. Probiotics, prebiotics or conbiotics. *Trend Microbiol* 6:9-92.
- Bhowmik, P.C., and J.D. Doll. 1984. Allelopathic effect of annual weed residues on growth and nutrient uptake of corn and soy beans, *Agronomy J.* 76:383-388.
- Borek, C. 2001. Antioxidant health effects of aged garlic extracts. *The J. Nutr.* 131: 1010S-1015S.
- Braca, A., M. Politi, R. Sanogo, H. Sanou, I. Morelli, C. Pizza, and N. De Tommasi. 2003. Chemical composition and antioxidant activity of phenolic compounds from wild and cultivated *Sclerocarya birrea* (Anacardiaceae) leaves. *J. Agric. Food Chem.*, 51:6689-6695.
- Bratus, V.V., T.V. Talaieva, and N.V. Radalovska. 1999. The role of a systemic inflammatory process in the atherogenic modification of lipoproteins and the development of hypercholesterolemia. *Fiziol. Zh.* 45:40-49.
- Capsi, O. 2001. Integrated Medicine: Orthodoxy meets alternative. *BMJ* 322:168.
- Chi, H.J. 1998. Anticancer herb from Korean medicinal plants. *J. Kor. Plant Res.* 11(suppl. 2):1-17. (in Korean)
- Cho, E.J. and S.H. Yoon. 1999. Protective effect of *Asiasari radix* on rat liver. *J. Kor. Soc. Hygienic Sci.* 5:85-91. (in Korean)
- Cho, J.J., G.K. Lee, B.K. Cho, and J.D. Choi. 2000. Isolation and characterization of elastase inhibitor from *Areca catechu*. *J. Soc. Cos. Sci. Kor.* 26:23-27. (in Korean)
- Chun, H.J., Y.J. Mun, J.H. Kim, I.K. Kim, B.H. Jeon, and W.H. Woo. 2000. Effect of the aqueous extract of *Epimedium koreanum* Nakai on melanin formation in B16 mouse melanoma cell line. *J. Kor. Pharm. Soc.* 44:455-462. (in Korean)
- Cooney, R.V. and P.D. Ross. 1987. N-nitrosation and N-nitration of morpholine by nitrogen dioxide in aqueous solution; Effects of vanillin and related phenols. *J. Agric. Food Chem.* 35:789-793.
- Craft, A.S. and W.W. Robbins. 1973. *Weed control*. Tata Mc. Hill. pp. 85-121.

- Crosby, N.T., and R. Sawyer. 1976. N-nitrosamines: A review of chemical and biological properties and their estimation in food stuffs. *Adv. Food Res.* 21:8.
- Dinan, L., T. Savchenko, and P. Whiting. 2001. On the distribution of phytoecdysteroids in plants. *Phytochemistry* 56:569-576.
- Ding, Y., Z.-J. Chen, S. Liu, D. Che, M. Vetter, and C.H. Chang. 2005. Inhibition of Nox-4 activity by plumbagin, a plant-derived bioactive naphthoquinone. *J. Pharm. Pharmac.* 57:111.
- Duke, S.O. 1986. Naturally occurring chemical compounds as herbicides. *Rev. Weed. Sci.* 2:17-44.
- Duke, S.O. and J. Lydon. 1987. Herbicides from natural compounds. *Weed Tech.* 1:122-128.
- Duncan, C.L. and E.M. Foster. 1968. Effect of sodium chloride and sodium nitrate on germination and out growth of anaerobic spores. *Appl. Microbiol.* 16:406.
- Einhellig, F.A. 1985. Alleopathy-A natural protection, allelochemicals in handbook of natural pesticides. Vol. I. ed. by N.B. Mandava. pp.161-200, CRC Press, Florida.
- Ercisil, S. and E. Orhan. 2008. Some physico-chemical characteristics of black mulberry (*Morus nigra* L.) genotypes from Northeast Anatolia region of Turkey. *Scientia Hort.* 116:41-46.
- Fiddler, W., J.W. Pensabene, E.G. Piotrowski, R.C. Doerr, and A.E. Wasserman. 1973. Use of sodium ascorbate or erythrostate to inhibit formation of N-nitrosodimethylamine in frankfurters. *J. Food Sci.* 38:1084.
- Fox, J.B. 1966. The chemistry of meat pigments. *J. Agric. Food Chem.* 14:207.
- Freeman, B.A. and J.D. Grapo. 1982. Biology of disease; free radicals and tissue injury. *Lab. Invest.* 47:412-426.
- Gilchrest, B.A. 1990. Skin aging and photoaging. *Dermatol. Nurs.* 2:79-82.
- Grant, N.H. and H.E. Alburn. 1959. Studies on the collagenases of *Clostridium histolyticum*. *Arch. Biochem. Biophys.* 82:245-255.
- Green, F.B., and M.R. Corooran. 1975. Inhibitory section of five rranins on growth induced by several gibberellins. *Plant Physiol.* 56:801-806.
- Ha, T.Y. 2006. Development of functional food materials for healthy life. *Kor. J. Crop Sci.* 51:26-39. (in Korean)
- Harada, M., H. Ishiwata, Y. Nakamura, A. Tanimura, and M. Ishidate. 1974. Studies on *in vivo* formation of nitroso compounds nitrite and nitrate contained in human saliva. *J. Jpn. Soc. Food Nutri.* 15:206-207.
- Hayashi, N. and K. Watanabe. 1978. Fate of nitrate and nitrite in saliva and blood of monkey administered orally sodium nitrate solution and microflora of oral cavity of the monkey. *J Food Hyg. Soc. Jap.* 19:392-400.
- Hwang, J.S. 1997. The effects of retinoids on CRABP II mRNA induction and collagen synthesis in human dermal fibroblast. *J. Soc. Cos. Sci. Kor.* 23:9-14. (in Korean)
- Hossain, Z., A.K.A. Mandal, S.K. Datta, and A.K. Biswas. 2007. Development of NaCl-tolerant line in *Chrysanthemum morifolium* Ramat. through shoot organogenesis of selected callus line. *J. Biotechnol.* 129:658-667.

- Hyun, S.H., M.B. Kim, and S.B. Lim. 2008. Physiological activities of garlic extracts from Daejeong Jeju and major cultivating areas in Korea. *J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr.* 87:1542-1547. (in Korean)
- Inderjit. 1996. Plant phenolics in allelophy. *Bot. Rev.* 62:182-210.
- Ito, T. and U. Ikeda. 2003. Inflammatory cytokines and cardiovascular disease. *Curr. Drug Targets-Inflamm. & Allergy* 2:257-265.
- Itoigawa, M., K. Takeya, and H. Furukawa 1991. Cardiogenic action of plumbagin on guinea-pig papillary muscle. *Planta Medica* 57:317 - 319.
- IUCN. 2008. Summary statistics for globally threatened species. (<http://www.iucnredlist.org/static/stats>)
- Jang, M., L.Cai, C.O. Udeani, K.V. Slowing, C.F. Thomas, C.W. Beecher, H.H. Fong, N.R. Farnsworth, A.D. Kinghorn, R.G. Mehta, R.C. Moon, and J.M. Pezzuto. Cancer chemopreventive activity of resveratrol, a natural product derived from grape. *Science* 275:218-220.
- Janssen, Y.M., B. van Houten, P.J. Borm, and B.T. Mossman. 1993. Cell and tissue responses to oxidative damage. *Lab. Invest.* 69:260-264.
- Jeong, H.Y. 1991. Aging-Freeradical-Arteriosclerosis. *Life Sci.* 1:2-14. (in Korean)
- Jhonsten, M.A., H. Pivnick, and J.M. Samson. 1969. Inhibition of *Clostridium botulinum* by sodium nitrite in a bacteriological medium and in meat. *Can. Inst. Food Technol. J.* 2:52.
- Ji, Y.J., J.W. Lee, and I.S. Lee. 2007. Antimicrobial effect of medicinal plants against methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* (MRSA). *J. Life Sci.* 17:412-419. (in Korean)
- Jo, M.J. and K.J. Min. Anti-microbial activities against oral microbes and growth-inhibitory effect on oral tumor cell of extracts of Perilla and Mugwort. *Kor. J. Environ. Health* 33:115-122. (in Korean)
- Jung, H.J., Y.J. Choi, C.W. Won, and Y.R. Seo. 2006. The chemopreventive effects of antioxidant enzyme. *Environ. Mut. Carcino.* 26:45-47. (in Korean)
- Kameyama, K., T. Takemura, Y. Hamada, C. Sakai, S. Kondoh, S. Nichiyama, K. Urabe, and V.J. Hearing. 1993. Pigment production in urine melanoma cells is regulated by tyrosinase, tyrosinase-related protein 1 (TRP1), DOPAchrome tautomerase (TRP2), and amelanogenic inhibitor. *J. Invest Dermatol.* 100:126-131.
- Kang, S.K., M.K. Shin, Q.S. Auh, Y.H., Chun, and J.P. Hong. 2007. Antibacterial effect on oral pathogenic bacteria of phytoncide from *Chamaecyparis Obtusa*. *J. Kor. Acad. Orofacial Pain Oral Med.* 32:45-55. (in Korean)
- Kang, T.B. and N.C. Liang. 1997. Studies on the inhibitory effects of quercetin on the growth of HL-60 leukemia cells. *Biochem. Pharm.* 54:1013-1018. (in Korean)
- Kato, H., I.E. Lee, N.V. Cheyen, S.B. Kim, and F. Hayase. 1983. Inhibition of nitrosamine formation by non-dialyzable melanoidins. *Agric. Biol. Chem.* 51:1333-1338.
- Kaufman, R.J. 1991. Vectors used for expression in mammalian cells. *Meth. Enzymol.* 205:87-92.
- Kim, B.J., B.K. Jo, and J.H. Kim. 1999. A promising new anti-wrinkle ingredient: pericarpium castaneae extracts. *J. Soc. Cos. Sci. Kor.* 10:56-62. (in Korean)

- Kim, H.J. S.H. Jung, J.H. Bae, and S.Y. Lee. 2008. Growth characteristics, vitamin C content and antioxidative activity among local strains of *Sedum sarmentosum*. J. Bio-Environ. Cont. 17:110-115. (in Korean)
- Kim, K.W., J.K. Baek, Y.W. Jang, E.J. Kum, Y.S. Kwon, H.J. Kim, and H.Y. Sohn. 2005. Screening of antibacterial agent against *Streptococcus mutans* from natural and medicinal plant. J. Life Sci. 15:715-725. (in Korean)
- Kim, S.M., Y.S. Cho, E.J. Kim, M.J. Bae, J.P. Han, S.H. Lee, and S.K. Sung. 1998. Effect of water extracts of *Salvia miltorrhiza* Bge., *Prunus persica* Stokes, *Angelica gigas* Nakai and *Pinus strobus* on lipid oxidation. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 27:339-405. (in Korean)
- Kim, Y.J., J.A. Jeong, S.H. Kwon, and C.H. Lee. 2008. Comparison of biological activities of extracts from different parts and solvent fractions in *Cornus kousa* Bueg. Kor. J. Plant Res. 21:28-35. (in Korean)
- Lanfont, R. and L. Dinan. 2003. Practical uses for ecdysteroids in mammals including humans: and update. J. Insect Sci. 3(7):1-30.
- Lee, C.W., H.B. Pyo, Y.H. Cho, and S.M. Park. 1998. Effect of Korean black soybean seed on the cellular proliferation and the production of type III collagen in skin fibroblast. J. Soc. Cos. Sci. Kor. 24:31-38. (in Korean)
- Lee, E.G., K.B. Kim, and J.M. Jeong. 2006a. Hepatoprotective effects of poly herbal formulation (Hepa-1000) on t-BHP-induced toxicity in human hepatoma cells. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 35:1121-1126. (in Korean)
- Lee, H.H., S. Bai, and E. Chin. 2005. Inhibitory effect of *Lithospermum erythrorhizon* extracts on melanin biosynthesis. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 34:1325-1329. (in Korean)
- Lee, H.J., S.R. Kim, J.S. Kim, C.J. Moon, J.C. Kim, C.S. Bae, J.S. Jang, S.K. Jo, and S.H. Kim. 2006b. The effect of red ginseng on epidermal melanocytes in ultraviolet B-irradiated mice. J. Ginseng Res. 30:188-193.
- Lee, J.S. and S.D. Lee. 2004. Effects of liver function in blood of drug users (herbal and western) in Koreans. Kor. J. Oriental Prev. Med. Soc. 8:59-74. (in Korean)
- Lee, K.G. A.E. Mitchell, T. Shibamoto. 2000. Determination of antioxidant properties of aroma extracts from various beans. J. Agric. Food Chem. 43:4817-4820
- Lee, K.M., D.K. Lee, Y.M., Han, N.J. Ha, M.J. Im, S.G., Sung, K.J. Kim, J.G., Lee, K.S. Jung, K.W. Hwang, T.S. Kim, D.I. Lee, S.N. Phyo., U.C. Choi, D.H. Nam, D.H. Kim, H.J. Kim, and Y.M. Han. 2006c. New total microbiology. Shin Il Books, Seoul, Korea. (in Korean)
- Lee, Y.S. 2007. Physiological activities of ethanol extracts from different parts of *Ailanthus altissima*. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 36:389-394. (in Korean)
- Leeming, J.P., J.E., Sanaim, and J.L. Burton. 1997. Susceptibility of *Malassezia furfur* subgroups to terbinafine. Br. J. Dermatol. 137: 764-767.
- MacDougall, D.B., D.S. Mottran, and D.N. Rhodes. 1975. Contribution of nitrite and nitrate to the color and flavor of cured meats. J. Sci. Food Agric. 26:1743-1754.

- McCord, J.M. 1987. Oxygen-derived radicals; a link between reperfusion injury and inflammation. *Fed. Proc.* 46:2402-2406.
- Mills, S.Y. 2001. Regulation in complementary and alternative medicine. *BMJ.* 322:158-160.
- Mirvish, S.S., L. Wallcave, M. Eagen, and P. Shubik. 1972. Ascorbate-nitrite reaction; Possible means of blocking the formation of carcinogenic N-nitroso compound. *Science* 177:65-68.
- Molish, H. 1937. *Der Einfluss einer Pflanze auf die andere allelopathie.* Gustav Fischer, Jena.
- Nahin, R.L. and S.E. Straus. 2001. Research into complementary and alternative medicine: Problems and potential. *BMJ.* 322:161-164.
- Newman, E. I. 1978. Allelopathy: Adaptation on accident. p.327-342. In Harbone, J. B. (ed.), *Biochemical Aspects of Plant and Animal Coevaluation.* Acad. press, New York.
- Paek, K.Y., K.W. Kim, C.K. Kim, Y.G. Park, W.Y. Soh, S.H. Son, J.K. Sohn, G.B. Shim, Y.H. Ahn, J.S. Eune, Y.B. Lee, J.S. Lee, C.H. Lee, H.T. Lim, J.D. Chung, S.O. Jee, B.H. Han, E.J. Hahn, J.W. Heo, and B. Hwang. 2001. The newest plant tissue culture · technique. Hyangmunsa, Seoul. (in Korean)
- Park, H.S., K.J. Min, C.G. Cha, J.W. Song, and J.C. Son. 2007. Antimicrobial activities against oral microbes and growth-inhibitory effect on oral tumor cell by extract of *Paeonia lactiflora*. *Kor. J. Environ. Health.* 33:21-29. (in Korean)
- Park K.Y., S.H. Moon, S.H. Rhee, K.Y. Baek, and S.Y. Lim. 1995. Effect of tannin from persimmon leaves on the growth inhibition and the synthesis of mRNA of type IV collagen in AZ-521 human gastric cancer cells. *Environ. Mut. Carcino.* 15:32-37. (in Korean)
- Park, Y.S., Y.J. Park, H.J. Kim, M.H. Im, M.K. Leem Y.M. Kim, J.Y. Cho, and B.G. Heo. 2008. Physiological activity of ethanol extract from the different plant parts of loquat (*Eriobotrya japonica* Lindl.). *Kor. J. Hort. Sci. Technol.* 26:75-80. (in Korean)
- Putnam, A.R. 1988. Allelochemicals from plants as herbicides. *Weed Tech.* 2:510-518.
- Reaven. P. 1995. Dietary and pharmacologic regiments to reduce lipid peroxidation in non-insulin-dependent diabetes mellitus. *Am. J. Clin. Nutr.* 62:1483S-1489S.
- Rees, L. and A. Weil. 2001. Intergrated medicine: Imbuse orthodox medicine with the values of complemetary medicine. *BMJ.* 322:119-120.
- Roberts, C.K., A.K. Chen, and R.J. Barnard. 2007. Effect of a short-term diet and exercise intervention in youth on atherosclerotic risk factors. *Atherosclerosis* 191:98-106.
- Roberts, T.A. and R. Sawyer. 1975. The microbiological role of nitrite and nitrate. *J. Sci. Food Agric.* 26:1735.
- Ryu, S.Y., J.C. Kim, Y.S. Kim, H.T. Kim, S.K. Kim, G.J. Choi, J.S. Kim, S.W. Lee, J.H. Heor, and K.Y. Cho. 2001. Antifungal activities of coumarins isolated from *Angelica gigas* and *Angelica dahurica* against plant pathogenic fungi. *J. Kor. Pestic. Sci.* 5(3):26-35. (in Korean)
- Seo, Y.J. 2004. Cancer Chemopreventive effects of dietary phytochemicals. *J. Kor. Asso. Cancer Prev.* 9:68-83. (in Korean)
- Snogan, E., I. Vahirua-Lechat, and H. Raimana. 2007. Ecdysteroids from the medicinal fern

- Microsorium scolopendria* (Burm. f.). Phytochem. Anal. PCA 18:441-450.
- Sohn, D.H., Y.C. Kim, S.H. Oh, E.J. Park, X. Li, and B.H. Lee. 2003. Hepatoprotective and free radical scavenging effects of *Nelumbo nucifera*. Phytomedicine 10:165-169. (in Korean)
- Sohn, H.T. C.S. Kwon, K.H. Son, G.S. Kwon, H.Y. Ryu and E.J. Kum, 2006. Antithrombosis and antioxidant activity of methanol extract from different brands of rice. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 34:593-598. (in Korean)
- Sohn, K.S., M.K. Kim, J.D.Kim, and I.K. Han. 2000. The role of immunostimulants in monogastric animal and fish. Asian-Aus. J. Anim. Sci. 13:1178-1187.
- Solar, A., M. Colaric, V. Usenik, and F. Stampar. 2006. Seasonal variations of selected flavonoids, phenolic acids and quinones in annual shoots of common walnut (*Juglans regia* L.). Plant Sci. 170:453-461.
- Štajner, D., N. Milič, N. Mimica-Dukič, B. Lazič, and R. Igič. 1998. Antioxidant abilities of cultivated and wild species of garlic. Phytother. Res. 12:S13-S14.
- Szuster-Ciesielska, A., J. Daniluk, and M. Kandefers-Szerszen. 2001. Alcohol-related cirrosis with pancreatitis. The role of oxidative stress in the progression of the disease. Arch. Immunol. Ther. Exp. (Warsz) 49:139-146.
- Tokunaga, T., N. Takada, and M. Ueda. 2004. Mechanism of antifeedant activity of plumbagin, a compound concerning the chemical defense in carnivorous plant. Tetrahedron lett. 45:7115-7119.
- Waksman, S.A. and H.B. Woodruff. 1942. Selective antibiotic action of various substances of microbial origin. J. Bacteriol. 44:373-384.
- Weixiong, L. and Z.H. Helene. 1997. Induced melanin reduces mutations and killing in mouse melanoma. Phytochem. Phytobiol. 65:480-484.
- Whittaker, R.H. and P.P. Feeny. 1971. Allelochemicals: Chemical reactions between species. Science. 171:757-770.
- William, L. 1970. Nitrosamines as environmental carcinogens. Nature 225:21.
- Williams, R.D. and R.E. Hoagland. 1982. The effects of naturally occurring phenolic compounds in seed fermentation. Weed Sci. 30:206-212.
- Woo, J.H. and C.H. Lee. 2008. Effect of harvest date on antioxidant of *Dendranthema zawadskii* var. *latilobum* (Maxim.) Kitam and *D. zawadskii* var. *yezoense* (Maek.) Y.M. Lee & H.J. Choi. Kor. J. Plant Res. 21:128-133. (in Korean)
- Woo, J.H., H.S. Jeong, J.S. Yu, Y.D. Chang, and C.H. Lee. 2008. Antioxidant effect of extracts obtained from four *Aster* species native to Korea. Kor. J. Plant Res. 21:52-59. (in Korean)
- Yeo, S.G., D.M. Yeum, D.H. Lee, C.W. Ahn, S.B. Kim, and Y.H. Park. 1994. The nitrite-scavenging effects by component of green tea extract. J. Kor. Soc. Food Nutr. 23:287-292. (in Korean)
- Yoo, M.J., Y.S. Kim, and D.H. Shin. 2006. Antibacterial effects of natural essential oils from various spices against *Vibrio* species and their volatile constituents. Kor. J. Food Sci. Technol. 38:438-443. (in Korean)

- Yoon, S.Y., S.Y. Lee, K.B.W.R. Kim, E.J. Song, S.J. Kim, S.J. Lee, C.J. Lee, and D.H. Ahn. 2009. Antimicrobial activity of the solvent extract from different parts of *Orostachys japonicus*. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 38:14-18. (in Korean)
- Yoon, K.E. and M.H. Chiang. 2006. Herb plants and aroma therapy. J. Kor. Plant-Human·Environ. 5(4):1-6. (in Korean)
- You, J.K., M.J. Chung, D.J. Kim, D.J. Seo, J.H. Park, T.W. Kim, and M. Choe. 2009. Antioxidant and tyrosinase inhibitory effects of *Paeonia suffruticosa* water extract. J. Kor. Soc. Food Sci. Nutr. 38:292-296. (in Korean)